SSOAR

Open Access Repository
www.ssoar.info

Programmieren in der Werkstatt : Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen

Rose, Helmuth (Ed.)

Veröffentlichungsversion / Published Version
Sammelwerk / collection

Zur Verfügung gestellt in Kooperation mit / provided in cooperation with:
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF München

Empfohlene Zitierung / Suggested Citation:
Rose, Helmuth (Ed.): *Programmieren in der Werkstatt : Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen*. Frankfurt am Main : Campus Verl., 1990 (Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.). - ISBN 3-593-34320-7. URN: http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0168-ssoar-107724

Nutzungsbedingungen:
Dieser Text wird unter einer Deposit-Lizenz (Keine Weiterverbreitung - keine Bearbeitung) zur Verfügung gestellt. Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen.
Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use:
This document is made available under Deposit Licence (No Redistribution - no modifications). We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.
By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

gesis
Leibniz-Institut
für Sozialwissenschaften

Mitglied der
Leibniz-Gemeinschaft

Helmuth Rose (Hg.)

Programmieren in der Werkstatt

Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen

Mit Beiträgen von Fritz Böhle, Johannes Dünnwald, Thomas Hoffmann, Hans Martin, Christoph Nuber, Helmuth Rose und Rainer Schultz-Wild

Campus Verlag
Frankfurt / New York

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Die konzeptionelle Aufbereitung des hier vorgelegten Sammelbandes erfolgte im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 333 "Entwicklungsperspektiven von Arbeit", Teilprojekt A 2.

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Programmieren in der Werkstatt : Perspektiven für Facharbeit mit CNC-Maschinen / Helmuth Rose (Hg.). Mit Beitr. von Fritz Böhle ... - Frankfurt/Main ; New York : Campus Verlag, 1990
(Forschungsberichte aus dem Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V., ISF München)
ISBN 3-593-34320-7
NE: Rose, Helmuth (Hrsg.); Böhle, Fritz (Mitverf.)

Die Forschungsberichte werden herausgegeben vom Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. (ISF), München.

Copyright © 1990 bei ISF, München.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung ohne Zustimmung des Instituts ist unzulässig. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.
Vertrieb: Campus Verlag, Heerstraße 149, 6000 Frankfurt 90.
Druck und Herstellung: Uni-Druck, München.
Printed in Germany.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Programmieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Forschungsberichte aus dem
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.
ISF München

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Inhalt

Helmuth Rose

Was heißt facharbeitergerecht? - Offene Fragen in der Diskussion um qualifizierte Facharbeit an CNC-Werkzeugmaschinen 3

Fritz Böhle, Helmuth Rose

Erfahrungsgeleitete Arbeit bei Werkstattprogrammierung - Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken 11

Thomas Hoffmann, Hans Martin

CNC-Steuerungen im Vergleich - Eigenschaften von CNC-Steuerungen zur Dreh- und Fräsbearbeitung 97

Christoph Nuber, Rainer Schultz-Wild

Facharbeitereinsatz und Verbreitung von Werkstattprogrammierung - Neue Durchsetzungschancen eines vieldiskutierten Konzepts? 155

Johannes Dünnwald

Prozeßtransparenz und -regulation - Bislang vernachlässigte Aspekte zur Beherrschung von NC-Technologien 185

Literatur 199

Die Autoren 204

Das Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München 205

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Helmuth Rose

Was heißt facharbeitergerecht? - Offene Fragen in der Diskussion um qualifizierte Facharbeit an CNC-Werkzeugmaschinen

(1) Um die heutige Diskussion über qualifizierte Facharbeit an CNC-Werkzeugmaschinen vollauf verstehen zu können, empfiehlt sich eine Rückschau auf die Geschichte der NC-Technik und dabei vertretene Positionen von Herstellern und Anwendern.

Nach Hirsch-Kreinsen wird die NC-Entwicklung von drei konzeptuellen Ansätzen geprägt. Ein bedeutsamer Entwicklungspfad zielt auf die vollständige Automatisierung an Bearbeitungsabläufen zu Werkzeugmaschinen. Die Arbeit an der Maschine beschränkt sich als "Restgröße" auf die Bestückung der Maschine. Dem gegenüber zielt ein weiterer wesentlicher Entwicklungspfad auf die Rationalisierung von Bearbeitungsprozessen bei unterschiedlichen fertigungstechnischen Bedingungen. Die Arbeit an der Maschine stellt eine funktionsnotwendige Ergänzung zur Automatisierung der Bearbeitungsprozesse dar. Zentral erstellte Programme sind direkt an der Steuerung zu ergänzen und zu korrigieren. Der dritte "arbeitsprozeßorientierte" Entwicklungspfad setzt auf die Werkstattprogrammierung an der Maschine oder am Programmierplatz in der Werkstatt als Alternative bzw. als Ergänzung zur zentralen Programmerstellung (vgl. Hirsch-Kreinsen 1989).

(2) Technische Entwicklung folgt mithin nicht "sachlichen" Gesetzen, sondern wird durch Interessen bestimmt. Hinter dem ersten Konzept der Vollautomatisierung steht die Auffassung, daß die Arbeit an der Maschine ausschließlich regel- und kenntnisgeleitet ist, und diese Regeln und Kenntnisse von den Arbeitskräften extrahiert und modelliert werden können. Für die beiden anderen Rationalisierungskonzepte sind "schmerzliche" Erfahrungen von NC-Anwendern mit Vollautomatisierung sowie ihre Anforderungen an NC-Technik für flexible Produktion ausschlaggebend. In der Praxis hat sich erwiesen, daß neutral erstellte Programme der Optimierung bedürfen, da der vom Bearbeitungsprozeß ferne Programmierer

nicht die aktuell notwendigen Technologiedaten verfügbar hat. Hiermit läßt sich auch der mehrfach dargestellte empirische Befund erklären, daß Anwender von NC-Technik bevorzugt Facharbeiter an CNC-Werkzeugmaschinen einsetzen, auch wenn diese ausschließlich zentral programmiert werden (vgl. u.a. Kern, Schumann 1984). Die Kompetenz in der Werkstatt ist somit für die Produktion unerläßlich.

Der vorliegende Sammelband enthält Beiträge, die sich mit den technischen wie organisatorischen Voraussetzungen in der Werkstatt befassen. *Im Mittelpunkt stehen Fragen einer "facharbeitergerechten" Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken.*

(3) Am Anfang der 90er Jahre treten dabei drei aus der vierzigjährigen Geschichte der NC-Technik bekannten Entwicklungsansätze in neuem Gewand auf. Die Position der Vollautomatisierung wird durch Vertreter rechnerintegrierter Produktion (CIM) aufrechterhalten. Das Konzept der Rationalisierung fertigungstechnischer Bedingungen und Arbeitsprozesse wird durch die "facharbeitergerechte" Verbesserung von Programmierverfahren weiter entwickelt. Wenn auch die Auseinandersetzung zwischen Vertretern beider Strategien nach wie vor z.T. scharf ausgetragen wird, läßt sich doch feststellen, daß die "großen" Hersteller von Fertigungstechnik dazu übergehen, Fertigungstechnik anzubieten, die beiden Linien folgt. Unter dem Diktat flexibler Produktion nimmt auch die Verbreitung "facharbeitergerechter" NC-Techniken zu. Das gilt insbesondere für mittlere und kleinere Betriebe. Aber auch Großbetriebe nutzen sie im Rahmen der Fertigungssegmentierung für Engpaßbereiche. Eine eingehende Darstellung empirischer Befunde zu dieser Entwicklung findet sich im Beitrag von *Ch. Nuber und R. Schultz-Wild* in diesem Band.

Mit der Verbreitung der Werkstattprogrammierung wachsen auch die Anforderungen an eine "facharbeitergerechte" Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken. Bislang ist jedoch keineswegs hinreichend geklärt, was als "facharbeitergerecht" zu gelten hat. Die Anforderungen von NC-Anwendern an NC-Hersteller haben lediglich zu einem gewissen "Standard" hinsichtlich Programmieren im Dialog, Unterprogrammtechniken und neuerdings auch Simulationsmöglichkeiten geführt. Hierüber berichtet ausführlich der Beitrag von *Th. Hoffmann und H. Martin* in diesem Band. Trendbetrachtungen zeigen eine weitergehende Ausdifferenzierung der bewährten Prinzipien.

(4) Ein wesentlicher Trend der NC-Entwicklung zielt auf die Geometrieerstellung mit mehr benutzerorientierten Software-Hilfen, um die Programmierung zu vereinfachen, Programmierfehler zu minimieren und die Programmierzeit zu verkürzen. Außerdem ist feststellbar, daß sich hinsichtlich der Gestaltung der Benutzeroberfläche einheitliche Standards des Geometriehandlings einstellen. Deutlich ist in den Informationsausgaben die Bezugnahme auf die Werkstattanforderungen, wie Anschaulichkeit, Problembezug zur Bearbeitung, umgangssprachliche Dialoge usw., erkennbar.

Unter dem Aspekt der aufgabenangemessenen Dialoggestaltung hat sich die Möglichkeit der grafikorientierten Kontureingabe sowie der Grafiksimulation bei allen komfortablen Steuerungen durchgesetzt. Die vorgegebenen Geometrieelemente und Menüstrukturen für Programmerstellung sind weitgehend anschaulich am Bearbeitungsprozeß orientiert. Eine differenzierende Unterscheidung von geometrisch-körperlichen Elementen, wie Kugel, Kegel, Tonne usw., gegenüber trigonometrischen Elementen, wie Gerade, Kreis usw., scheint auf der abstrakten Ebene der Geometriebeherrschung nicht ausschlaggebend zu sein. Die Dialoggestaltung in Bedienerführung, Menütechnik und in Klartext bringt eine wesentliche Erleichterung für den Benutzer, da die erforderlichen Plausibilitätskontrollen bezüglich der Syntax des DIN-Formates, wie auch die Übertragung der Benutzereingaben in das DIN-Format, steuerungstechnisch automatisch erfolgen.

Die Verwendung von Konturzügen oder -listen, im Falle nicht NC-gerechter Vermaßung der Zeichnung oder zur Formulierung einzelner komplexer NC-Sätze in Verbindung mit Geometrieprozessoren, wird als Programmierunterstützung angeboten. Für Steuerungen, die dieses Leistungsmerkmal nicht aufweisen, ist die zukünftige Implementierung wahrscheinlich.

(5) Für die Technologiebeherrschung gibt es ebenfalls eine Vielzahl von Software-Hilfen. Die Erstellung von Arbeitsplänen mit Angabe der Technologiewerte und Reihenfolge der Bearbeitungsschritte wird einerseits durch mehr oder weniger leistungsfähige Zyklen - je nach Anwendungsbranche - unterstützt. Andererseits besteht durchweg die Möglichkeit der

freien Gestaltung durch individuelle Definition von Zyklen als Unterprogramme oder Makros.

Einige Steuerungen besitzen bereits Technologieprozessoren für die Berechnung von Schnittwerten unter Verwendung von Zyklen, Werkzeug- und Werkstoffdateien. Gegenwärtig angebotene Steuerungen ohne diese Option werden absehbar auch dieses Leistungsmerkmal aufweisen. Fehlt dieses Merkmal bei einigen Steuerungen, so ist daraus aber kein entscheidender Bruch in der grundsätzlichen Steuerungskonzeption abzuleiten.

Die Implementierung von Werkzeug-, Werkstoff- oder Spannmitteldateien ist bei verschiedenen Steuerungen unterschiedlich weit fortgeschritten und wird in Zukunft wahrscheinlich zunehmen. Anwenderspezifische Werte für Werkzeuge, Werkstoffe und Spannmittel werden in aller Regel berücksichtigt. Allerdings ist die Grafikunterstützung für die Darstellung beispielsweise von Werkzeugen oder Spannmitteln nur für herstellerseitig definierte Typen gegeben. Die individuelle Ergänzung solcher Daten bzw. Verzeichnisse mit grafischen Bildern wird bislang lediglich bei der Bosch-Steuerung mit der speziellen Programmiersprache CPL ermöglicht. Die Nutzung dieser formalen Sprache setzt jedoch spezielle Programmierkenntnisse voraus.

Zwei Alternativen lassen sich trotz der allmählichen Angleichung erkennen: zum einen die zunehmende, differenzierte und z.T. unüberschaubare Vielzahl von spezifischen G-Funktionen in Verbindung mit einer entsprechend einfachen Dialogführung im DIN-Format; zum anderen die Implementierung nur weniger grundsätzlicher G-Funktionen bzw. Zyklen in Verbindung mit der Menütechnik auf der Grundlage einer vielschichtigen differenzierten Baumstruktur für die Dialogprogrammierung mit Bezugnahme zum DIN-Format.

(6) Gegenüber der Geometrie- und Technologieunterstützung ist die technische Unterstützung für die Prozeßbeherrschung weniger ausgeprägt. Die Parallel-Grafik soll zur Vergewisserung über den aktuellen Prozeßzustand im Programmablauf dienen, besitzt aber als Simulation nur begrenzte Aussagefähigkeit über den realen Prozeßablauf bzw. die tatsächlichen physikalischen Vorgänge im Arbeitsraum der Maschine.

Log-Buch, Logistik-Analysator oder Achsoszilloskop sind bei einigen Steuerungen vorhanden, bleiben aber im Regelfall dem Service-Personal vorbehalten. Zudem sind sie lediglich Hilfen im Sinne der ausschnittweisen Rückverfolgung von Prozeßabläufen bzw. -störungen.

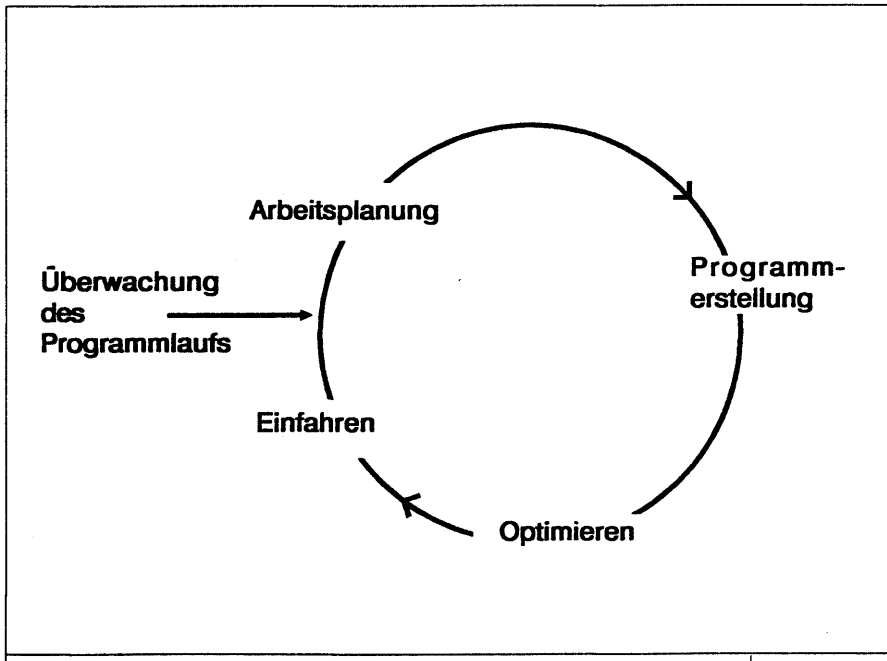
Da nach dem Prinzip "weniger Tasten für viele Funktionen" die Geometrie- und Technologiebeherrschung wesentlich vereinfacht ist, sind Bedienelemente für die direkte Prozeßführung entsprechend reduziert. Fast ausschließlich kommen Tastenfelder ohne Selbsterklärung zur Anwendung; die Tastenstellung (Ein/Aus) ist dann lediglich aus Angaben am Bildschirm erkennbar.

Alle Steuerungen konzentrieren heute die Informationseingabe vorrangig auf sparsam ausgelegte Tastenfelder und die Informationsausgabe auf visuelle Darstellungen am Bildschirm nach modernen Gestaltungsleitlinien der Software-Ergonomie, so auch mit Farbgrafik. Der Vorrang des Bildschirms gegenüber beispielsweise separaten Anzeigen wird in der Regel mit Kostenargumenten begründet. Differentielle NC-Anzeigen des Prozeßgeschehens in der Werkzeugmaschine sind damit weitgehend hinfällig.

(7) Mit den Ausdifferenzierungen scheint vordergründig die Diskussion über "facharbeitergerechte" Programmierverfahren abgeschlossen zu sein. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich allerdings, daß bislang nicht gelöste Fragen nur zugedeckt werden, wo sie doch einer systematischen Bearbeitung bedürften. Als Beispiel sei hier auf die gegensätzlichen Konzepte von Herstellern verwiesen. Einige von ihnen setzen auf "strenge" Bedienerführung, um alles möglichst einfach und wenig fehleranfällig zu machen, andere setzen auf "weiche" Bedienerführung mit Optionen für eigenverantwortliches Vorgehen, um eine möglichst weitgehende Flexibilität entsprechend fertigungstechnischen Bedingungen zu sichern. Nicht endgültig beiseite gelegt ist ein "alter" Streit der NC-Entwicklung, ob Programmierverfahren mit Klartext und Symbolen für den Facharbeiter angepaßter sind als solche nach der DIN-Satz-Logik. Herrscht beim Facharbeiter ein "anschauliches" Denken vor, so daß er Texte und Bilder seiner Arbeitswelt besser verstehen und vor allem damit schneller hantieren kann? (Wobei häufig zusätzlich auch noch bezweifelt wird, ob Facharbeiter überhaupt abstrakt denken können.) Von einer Klärung der Arbeitsweise von Facharbeitern beim Programmieren hängt auch ab, inwieweit sich Anwender auf die Rationalisierungsstrategie werkstattnaher Programmierung einlas-

sen sollen. Wie hoch ist ihr funktioneller Stellenwert in rechnergestützten Fertigungsstrukturen zu veranschlagen? Was macht ihre spezifische Kompetenz aus.

(8) Eine empirische Untersuchung zur Arbeitsweise von Facharbeitern weist nach, daß die spezifische Kompetenz des Facharbeiters in ihrem impliziten Erfahrungswissen liegt. Gegenüber dem (z.B. in Tabellen) explizierbaren Erfahrungswissen bezeichnen sie damit einen anderen Wissensmodus, der durch praktische sinnliche Erfahrung und ganzheitliche Handlungen im Umgang mit der Maschine erworben und angewendet wird. Die ganzheitliche Handlung umgreift die Programmerstellung, das Einfahren von Programmen und die Überwachung von automatischen Programmabläufen.



Programmierung als ganzheitlicher Erfahrungszyklus | **ISF-1990**

Beim Einfahren von Programmen erhält der Facharbeiter über Geräusche, Spanfluß und andere direkte Wahrnehmungen Aufschluß über den

Bearbeitungszustand bei verschiedenen Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten. Beim Automatikbetrieb mit verkapselter Maschine überwacht er ebenfalls anhand derartiger, allerdings "abgeschwächter" Wahrnehmungen den Bearbeitungsablauf. Die akustischen und visuellen Erlebnisse, d.h. das implizierte Erfahrungswissen früherer Ereignisse, kann der Facharbeiter mental repräsentieren. Auf der Grundlage derartiger mentaler Repräsentationen (vollzogenen Bewegungen, Werkstückansichten, Bearbeitungssituationen) entwickelt der Facharbeiter Vorstellungen für die Programmerstellung, Optimierung und Überwachung. Die mentalen Repräsentationen sind aus Bildern und Zeichen zusammengesetzt. Sie können "mental" manipuliert werden. Dadurch ergibt sich gleichsam ein "abstraktsinnlicher" Zugang für nicht transparente Bearbeitungsvorgänge an der Maschine.

Mit dieser, die Bedeutung des Erfahrungswissens hervorhebenden Sichtweise ergibt ein über die bisherige Diskussion hinzuführender Erklärungsansatz. Dieser Ansatz ermöglicht, die Rolle der Werkstattprogrammierung für qualifizierte Facharbeit auszuweisen und Kriterien für qualifizierte Facharbeit an Werkzeugmaschinen aufzuzeigen, so daß sich die "facharbeitergerechten" Komponenten bei verschiedenen Steuerungen hinsichtlich ihrer Eignung beurteilen lassen. Diese "neue" Situation erfahrungsgeleiteter Arbeit wird im anschließenden Beitrag von *F. Böhle und H. Rose* dargelegt. Daß für die Technologiebeherrschung auch neue Formen technischer Unterstützung zur Bildung und Nutzung von Erfahrungswissen notwendig sind, erörtert der abschließende Beitrag von *J. Dünnwald* in diesem Band.

Fritz Böhle, Helmuth Rose

Erfahrungsgeleitete Arbeit bei Werkstattprogrammierung - Perspektiven für Programmierverfahren und Steuerungstechniken[1]

Inhalt

1. Ausgangspunkt
2. Positive Auswirkungen der Werkstattprogrammierung
3. Zur Vorgehensweise beim Programmieren
4. Eingabe- und Dialogverfahren beim Programmieren
5. Programmieren mit Technologie-Unterstützung
6. Direkte Regulierung und Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse
7. Perspektiven für zukünftige Entwicklungen

1 Dieser Beitrag ist (Teil-)Ergebnis eines umfassenderen Forschungsvorhabens "Untersuchung zur Vermeidung psychisch-emotionaler Belastungen bei der Steuerung und Überwachung komplexer Produktionsabläufe durch Verbesserung der Arbeitsgestaltung". Dieses Forschungsvorhaben wird vom Bundesministerium für Forschung und Technologie gefördert (Förderkennzeichen 01 HK 967 4). Die Erarbeitung konzeptioneller und methodischer Grundlagen, ebenso wie die hier veröffentlichte Ausarbeitung des dem BMFT vorgelegten Forschungsberichts erfolgten im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 333 der Universität München "Entwicklungsperspektiven von Arbeit", Teilprojekt A 2.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

1. Ausgangspunkt

a) Erfahrungswissen - Merkmale und Grundlagen

(1) In vorangegangenen Untersuchungen zu Facharbeitertätigkeiten an konventionellen Maschinen und CNC-Maschinen bei externer Programmierung wurde ein neuer sozial- und arbeitswissenschaftlicher Ansatz entwickelt, der speziell die Bedeutung des Erfahrungswissens hervorhebt (Böhle, Milkau 1988).

Im Mittelpunkt dieser Untersuchungen standen Qualifikationen und Arbeitspraktiken wie "Gefühl für das Material" oder die "Orientierung am Geräusch der Maschine" u.ä. Es wurde gezeigt, daß solche Arbeitspraktiken in der konventionellen Fertigung nicht nur wichtige Bestandteile der Qualifikation zum Facharbeiter sind, sondern daß sie auch auf einer spezifischen Ausprägung sinnlicher Erfahrung und des Arbeitshandelns insgesamt beruhen. Als charakteristische Merkmale des Arbeitshandelns wurden u.a. herausgestellt: Die sinnliche Erfahrung erfolgt zumeist über mehrere Sinnesorgane gleichzeitig, d.h. sowohl über Sehen, Hören und Greifen. Eine große Rolle spielt dabei die Wahrnehmung von "Informationen" über Materialeigenschaften und Bearbeitungsvorgänge, die sich nicht präzise und exakt "messen" lassen. So überprüfen und erkennen Facharbeiter z.B. am Geräusch der Maschine, ob Fehler oder Störungen auftreten; was jedoch von den Arbeitskräften im einzelnen gehört wird und woran man Störungen genau erkennt, läßt sich nicht allgemein gültig und objektiv beschreiben. Bei der akustischen, visuellen und taktilen Wahrnehmung kommt es vor allem darauf an, Materialeigenschaften und Veränderungen im Bearbeitungsablauf nicht nur zu "registrieren", sondern auch zu "spüren" bzw. zu "erspüren". Kritische Ereignisse bahnen sich an. Entsprechend muß man sich z.B. in das Geräusch einer Maschine "hineinhören". Eine solche sinnliche Wahrnehmung beruht auf einem besonderen Umgang mit Maschinen und Material. Betont wird von Facharbeitern, daß man "Schritt-für-Schritt" vorgehen und jeweils die Reaktionen des Materials und der Maschine abwarten muß. Dabei muß man sich auch "auf die Maschine einlassen" und sich "einfühlen". Es ist notwendig, die Vorgänge an den Maschine subjektiv nachzuvollziehen - in den Worten eines Facharbeiters: "Das ist sozusagen in die Maschine reingehen. Da hat man eine Schmerzempfindung, wenn die Maschine falsch läuft". Auf diese Weise ar-

beitet der Facharbeiter mit der Maschine wie mit einem Werkzeug, das in den "Eigenvollzug" des Arbeitshandelns eingeht und mit dem er unmittelbar verbunden ist. Auf diese Weise entsteht auch eine besondere Beziehung zur Maschine. Man spricht hier davon, daß der Facharbeiter und die Maschine eine "Einheit" bilden, oder daß der Facharbeiter und die Maschine "verwachsen" und "verheiratet" sind. Eine wichtige Qualifikation ist dabei die Entwicklung des "richtigen Gefühls". Dies wird in gleicher Weise wichtig eingeschätzt wie theoretische und Fachkenntnisse. Auf dem "richtigen Gefühl" beruht wesentlich die Souveränität und Sicherheit im Umgang mit dem Material und der Maschine.

(2) Mit Hilfe des Konzepts "subjektivierenden Arbeitshandelns" konnte begründet werden, daß Erfahrungswissen von Facharbeitern, wie es an konventionellen Maschinen zur Anwendung kommt und erworben wird, eine besondere Form von Wissen ist. Es beruht wesentlich auf subjektiven Unterscheidungen, die sich nur begrenzt objektiv identifizieren, messen, überprüfen und rational ableiten lassen. Dieses Erfahrungswissen ist aber keineswegs nur eine Vorstufe zu (exakten) naturwissenschaftlich geleiteten Erkenntnissen, das diesen untergeordnet ist. Auch ist es nicht als weniger zuverlässig und leistungsfähig anzusehen. Ebenso beschränkt sich dieses Erfahrungswissen nicht nur auf den Erwerb von Erfahrungen im Sinne von Routine u.ä. bei der Ausführung von Arbeitstätigkeiten, d.h. der praktischen Anwendung von "theoretischen" Kenntnissen oder der Konkretisierung von Planungs- und Konstruktionsvorgaben. Ein wichtiger Bestandteil des Erfahrungswissens ist vielmehr ein eher "implizites" Wissen (Polanyi 1985), das durch Handlungen erworben und angewendet wird, also in die Handlung eingebettet ist. Es ist genauso wie theoretisch-wissenschaftlich geleitete Erkenntnisse für den Umgang mit Werkzeugmaschinen und Bearbeitungsvorgängen notwendig, d.h. funktional.

In der konventionellen Fertigung ist ein solches Erfahrungswissen eine unabdingbare Grundlage für Kenntnisse über Technologiedaten (Werkzeugeinsatz, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten) sowie Prozeß- und Verfahrensdaten (Rüsten, Funktionsstörungen, Werkzeugverschleiß u.a.).

b) Veränderungen in der rechnergestützten Fertigung

(1) Zur Handhabung von CNC-Maschinen werden von Betrieben bevorzugt Facharbeiter eingesetzt. Wesentlicher Grund hierbei ist, daß für die effektivste Nutzung der Maschinen das Erfahrungswissen der Facharbeiter über Technologiedaten und Bearbeitungsvorgänge zur Optimierung und Korrektur der Programme sowie zur Überwachung programmgesteuerter Bearbeitungsprozesse unerläßlich ist. Teilweise wird es in gleicher Weise erforderlich wie in der konventionellen Fertigung (z.B. Kenntnis von Materialeigenschaften), teilweise erhält es aber auch eine neue Gewichtung und Einbindung in das Arbeitshandeln insgesamt, oder/und es werden (erfahrungsbezogene) Kenntnisse und Arbeitspraktiken notwendig, die in der konventionellen Fertigung keine Rolle spielen (z.B. Erfahrungen im Umgang mit elektronischer anstelle mechanischer Schaltfunktion an Maschinen). Die Veränderungen von Arbeits- und Qualifikationsanforderungen beim Einsatz von CNC-Maschinen führen keineswegs (wie anfänglich oft unterstellt) nur zu einer stärkeren Gewichtung theoretischer Kenntnisse. Die Anforderungen an handwerkliche Geschicklichkeit verringern sich zwar, nicht aber die Bedeutung eines auf praktischen Erfahrungen beruhenden Wissens. Allerdings verändern sich die Voraussetzungen für den Erwerb und die Anwendung von Erfahrungswissen erheblich.

(2) Es zeigt sich, daß an CNC-Maschinen ein "subjektivierendes Arbeitshandeln" nur begrenzt und unter erschwerten Bedingungen möglich ist. Ausschlaggebend hierfür sind nicht einzelne Faktoren, sondern eher ein "Syndrom" von Veränderungen, das sich nicht nur auf die sinnliche Erfahrung, sondern auch auf das Arbeitshandeln insgesamt auswirkt. Vor allem durch die Verkapselung der Maschinen und durch den Kühlschmiermitteleinsatz, aber auch durch die höhere Geschwindigkeit u.ä., wird die komplexe, auf Sehen, Hören und Greifen beruhende sinnliche Wahrnehmung der Bearbeitungsvorgänge eingeschränkt und behindert. Bei der elektronischen Steuerung (auch bei manueller Bedienung) hat man die Maschine nur begrenzt in der Hand und damit "im Griff". Es ist - im Vergleich zu konventionellen Maschinen - weit schwieriger, mit der CNC-Maschine wie mit einem Werkzeug, das in den Eigenvollzug des Arbeitenden eingeht, zu arbeiten. Entsprechend verändert sich die Beziehung zu der Maschine. Auch durch einen flexiblen Personaleinsatz, ebenso wie Schichtarbeit, ist eine stabile Zuordnung und damit dann Aufbau einer "persönlichen Beziehung" zu einer bestimmten Maschine erschwert. Befunde dieser Art

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

verweisen auf wichtige Ursachen für neuartige Belastungen und Arbeitsprobleme an CNC-gesteuerten Maschinen.[2] Einerseits bleiben Anforderungen an das Erfahrungswissen der Facharbeiter bestehen bzw. entstehen in neuer Form, andererseits sind jedoch die technischen und arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen für ein hierfür notwendiges subjektivierendes Arbeitshandeln nicht oder nur begrenzt gegeben. In der Praxis versuchen die Facharbeiter, diese neue, widersprüchliche Situation dadurch zu bewältigen (oder zumindest abzumildern), daß sie "traditionelle" Arbeitspraktiken trotz erschwerten Bedingungen anwenden oder/und zumindest ansatzweise neue Formen eines subjektivierenden Arbeitshandelns entwickeln. Auf dieser Grundlage erweist sich als eine zentrale Schwachstelle der bisherigen technischen Entwicklungen, daß sie zuwenig die Bedeutung und die Voraussetzungen des Erfahrungswissen an CNC-Maschinen berücksichtigen. Vor allem ist zu klären, wie ein "subjektivierendes Arbeitshandeln" auch unter den Bedingungen der neuen Technik" ermöglicht und unterstützt werden kann.[3]

c) Erfahrungswissen beim Programmieren - Fragestellung und Durchführung der Untersuchung

(1) Da sich die bisherigen Untersuchungen zur Rolle des Erfahrungswissen an CNC-Maschinen auf Facharbeitertätigkeiten bei externer Programmierung konzentrieren, blieb die Frage offen, ob die zuvor kurz genannten Befunde auch bei Werkstattprogrammierung zutreffen und welche Konsequenzen sich hieraus für die Beurteilung und (Weiter-) Entwicklung facharbeitergerechter Programmierverfahren ergeben.[4] An diesen Fragen setzt die folgend dargestellte Untersuchung an. Im Mittelpunkt steht die Rolle des Erfahrungswissens und die spezifische Ausprägung eines hierdurch geleiteten Arbeitshandelns beim Programmieren an der Maschine. Auf dieser Basis werden unterschiedliche Programmierver-

---

2 Sie sind sehr viel ausführlicher und detaillierter dargestellt in der Untersuchung von Böhle, Milkau 1988, Kap. IV, vgl. auch Witt u.a. 1988; Volkholz, Failmezger 1988.

3 Diese Problemstellung wurde mittlerweile in einem vom BMFT geförderten Forschungsverbund aufgegriffen, an dem mehrere ingenieurwissenschaftliche, technische und arbeitswissenschaftlich orientierte Institute beteiligt sind.

4 Zur Diskussion und Entwicklung "facharbeitergerechter" Programmierverfahren und Steuerungstechniken vgl. die Einleitung zu diesem Band.

fahren und Steuerungstechniken, die zur Erleichterung des Programmierers in der Werkstatt entwickelt wurden, beurteilt und Perspektiven für weitere Entwicklungen aufgezeigt.

(2) Schon die vorangegangenen Untersuchungen zeigten nachdrücklich, daß es hierbei nicht nur um eine Übertragung "traditioneller" Formen des Erfahrungswissens und eines hierdurch geleiteten Arbeitshandelns, wie es in der konventionellen Fertigung zur Anwendung kommt, gehen konnte (bzw. durfte). Herauszufinden war vielmehr, in welcher Weise auch bei Werkstattprogrammierung von den Arbeitskräften Erfahrungswissen alter und neuer Art angewendet wird, und welche Arbeitspraktiken hierzu entwickelt werden, d.h. notwendig sind. Die Kriterien für die Beurteilung von Programmierverfahren und Steuerungen wurden somit in dieser Untersuchung nicht "von außen" herangetragen oder "abstrakt" entwickelt, sondern wurden im Verlauf der empirischen Erhebungen schrittweise erarbeitet und präzisiert.

(3) In die neue weiterführende Untersuchung wurden sieben unterschiedliche Programmierverfahren bzw. Steuerungen für Dreh- und Fräsbearbeitung einbezogen, die als facharbeitergerecht angesehen werden. Die positive oder negative Beurteilung einzelner hierbei jeweils zur Anwendung kommender Gestaltungsprinzipien ist im Rahmen dieser Untersuchung jedoch nicht gleichbedeutend mit einem Gesamturteil über die jeweiligen Programmierverfahren bzw. Steuerungen. Herausgegriffen, überprüft und beurteilt wurden jeweils einzelne Aspekte (bzw. Gestaltungsprinzipien), die sich bei den ausgewählten Programmierverfahren und Steuerungen in unterschiedlichen Kombinationen finden. Diese Aspekte werden in Zusammenhang mit der Darstellung der Untersuchungsergebnisse jeweils im einzelnen näher erläutert.

(4) Die empirischen Erhebungen wurden in vier Betrieben des Maschinenbaus sowie ergänzend im CNC-Zentrum Hamburg durchgeführt. Dabei erfolgten Betriebsbegehungen und Arbeitsplatzbeobachtungen sowie intensive, überwiegend mehrstündige Interviews mit 28 Facharbeitern; sie wurden darüber hinaus durch Expertengespräche mit Vorgesetzten und Ausbildern ergänzt. Ferner erfolgten zur Vorbereitung dieser empirischen Erhebungen Expertengespräche bei den Herstellern der ausgewählten Programmierverfahren und Steuerungstechniken. Bei der Auswahl der in die Untersuchung einbezogenen Programmierverfahren sowie der Identi-

fizierung und Beschreibung von für die Untersuchung wichtigen Gestaltungsprinzipien war maßgeblich Dr. Ing. Johannes Dünnwald von der FGAT-Konstanz beteiligt (vgl. Dünnwald 1989). Zu den empirischen Erhebungen wurde Dipl.-Sozialpädagoge Bernd Meyer hinzugezogen. Unser Dank gilt an dieser Stelle den Hersteller- und Anwenderbetrieben für die Unterstützung dieser Untersuchung; ebenso auch dem CNC-Zentrum Hamburg. Unser besonderer Dank gilt den befragten Facharbeitern, die sich für die Interviews zur Verfügung stellten und bereit waren, über ihre Arbeitserfahrungen zu berichten.

(5) In den folgenden Abschnitten werden zunächst, unabhängig von Unterschieden zwischen den ausgewählten Programmierverfahren und Steuerungen - in der Perspektive unserer Fragestellungen -, allgemeine Auswirkungen der Werkstattprogrammierung aufgezeigt (Abschnitt 2.). Daran anschließend werden verschiedene Aspekte der ausgewählten Programmierverfahren und Steuerungen aufgegriffen und anhand wichtiger Merkmale des Arbeitshandelns von Facharbeitern diskutiert. Im einzelnen sind dies: die Rolle primär handlungsorientierter oder beschreibender Verfahren beim Programmieren (Abschnitt 3.); Eingabe- und Dialogverfahren beim Programmieren (Abschnitt 4.); Technologie-Unterstützung beim Programmieren (Abschnitt 5.) sowie die direkte Regulierung und Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse (Abschnitt 6.).

Jeder dieser Abschnitte beginnt mit einer kurzen Vorbemerkung, in der die behandelte Thematik kurz umrissen wird; er schließt jeweils mit einer - auf die behandelte Thematik bezogenen - Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und Konsequenzen für weitere Entwicklungen.

Abschließend (Abschnitt 7.) werden einige allgemeine Grundsätze und Konsequenzen für die Beurteilung, Entwicklung und Anwendung facharbeitergerechter Programmierverfahren umrissen.

(6) Die Ergebnisse der Untersuchung zeigen, daß auch beim Programmieren Erfahrungswissen eine wichtige Rolle spielt und speziell hierin wichtige Vorteile der Programmierung vor Ort liegen. Sie rücken des weiteren eine Reihe von Regeln für die Gestaltung von Programmierverfahren und der Steuerungssysteme ins Blickfeld, die bislang kaum oder ungenügend berücksichtigt wurden, und tragen somit nicht nur zur Ergänzung, sondern auch zur Modifikation bislang vorliegender und weit verbreiteter Vorstel-

lungen über die Arbeits- und Denkweisen von Facharbeitern bei. Es ergeben sich hieraus auch einige wichtige Kriterien für die Beurteilung und weitere Entwicklung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken an CNC-gesteuerten Werkzeugmaschinen. Neben dieser unmittelbaren praktischen Bedeutung sind diese Untersuchungsergebnisse auch ein Beitrag zur empirischen und konzeptuellen Fundierung der Rolle des Erfahrungswissens und eines hierauf bezogenen "subjektivierenden Arbeitshandelns" in der rechnergestützten Fertigung.

2. Positive Auswirkungen der Werkstattprogrammierung

Von Facharbeitern, die an der Maschine programmieren, wird die "Werkstattprogrammierung" durchweg positiv eingeschätzt. Dies gilt unabhängig von Unterschieden zwischen einzelnen Programmierverfahren und Steuerungen, die in unsere Untersuchung einbezogen wurden. Eine Reihe von Problemen, die sich für die Arbeitskräfte an CNC-Maschinen bei AV-Programmierung ergeben, werden durch die Werkstattprogrammierung verringert. Diese positiven Effekte beschränken sich nicht nur auf die Erstellung der Programme (i.e.S.); es ergeben sich vielmehr Auswirkungen auf die gesamte Arbeitssituation und auf die Tätigkeit an den Maschinen insgesamt (also auch auf den Umgang mit der Maschine und auf die Kontrolle der Bearbeitungsprozesse).

Speziell in unserer Betrachtung[5] ist hervorzuheben: Bei der Programmierung an der Maschine kann das Erfahrungswissen der Facharbeiter bereits bei der Erstellung der Programme berücksichtigt werden; ferner führt ein vom Facharbeiter selbst erstelltes Programm zu größerer Sicherheit bei der Arbeit an der CNC-Maschine; und schließlich begünstigt Werkstattprogrammierung die Entwicklung einer "neuen" beruflichen Identität als Facharbeiter. Positive Effekte - im Vergleich zur Tätigkeit bei externer Programmierung - ergeben sich somit insbesondere hinsichtlich der Qualifikation, der psychisch-mentalen Beanspruchung und der gesellschaftlichen wie betrieblichen Verortung der Facharbeitertätigkeit. Im einzelnen zei-

5 Berücksichtigung erfahrungsgeleiteten, subjektivierenden Arbeitshandelns bei Werkstattprogrammierung sowie der Unterschiede gegenüber Tätigkeiten an CNC-Maschinen bei externer Programmierung in der AV.

gen sich die hier angesprochenen Effekte der Werkstattprogrammierung wie folgt:[6]

a) Programmieren auf der Basis von Erfahrungswissen

(1) Bei externer Programmierung wird von den Arbeitskräften in der Werkstatt kritisiert, daß die Programmierer kein "Erfahrungswissen" haben, d.h., es fehlen ihnen die Kenntnisse über die besonderen Gegebenheiten an den einzelnen Maschinen, ebenso wie die Erfahrung im Umgang mit speziellem Material und neuen Werkzeugen.

Viele Betriebe rekrutieren daher ihre Programmierer aus der Werkstatt bzw. bevorzugen ehemalige Facharbeiter. Dennoch kann auch hiermit das Problem der Distanz zu den konkreten Gegebenheiten "vor Ort" nicht ausgeschaltet werden; oft ist es für die Programmierer nicht oder nur in seltenen Fällen möglich, sich bei der Erstellung eines Programms mit den konkreten Gegebenheiten in der Werkstatt auseinanderzusetzen und ihr "Erfahrungswissen" auf dem laufenden zu halten sowie zu erneuern. So schätzen z.B. Facharbeiter die Programmierer als "hochnäsig" ein, wenn sie "nicht in die Werkstatt kommen"; nach ihren Erfahrungen sind die Programmierer zum großen Teil "Theoretiker", die mit den "Praktikern" zusammenarbeiten sollen und auf diese angewiesen sind. Typisch hierfür die Einschätzung: "Der Programmierer weiß nicht alles und macht Fehler, und zwar vor allem, wenn er aus der Praxis lange heraus ist. Er kann zwar nach seinem Buch programmieren, aber er braucht die Ergänzung durch den Praktiker."

Die Notwendigkeit, extern erstellte Programme nachträglich an die konkreten Gegebenheiten an den Maschinen anzupassen, zu optimieren und ggf. zu korrigieren, ist mittlerweile hinlänglich bekannt; ebenso, daß gerade hier das Erfahrungswissen der Facharbeiter unverzichtbar ist (Böhle, Milkau 1989, S. 142 ff.).[7]

---

6 Wir behandeln hier nur solche Effekte der Werkstattprogrammierung, die in unserer Fragestellung wichtig sind und die in bisherigen Betrachtungen in dieser Weise nicht oder nur am Rande behandelt wurden.

7 Es ist darauf hinzuweisen, daß sich unsere Befunde und Ausführungen primär auf den Bereich der Einzel- sowie kleinerer und mittlerer Serienfertigung richten.

(2) Werkstattprogrammierung hat auf diesem Hintergrund den Vorteil, daß das Erfahrungswissen der Facharbeiter bereits unmittelbar in die Programmerstellung eingehen kann. Exemplarisch hierfür die Aussage: "Meine speziellen Kenntnisse über die Maschine lasse ich gleich in die Programmierung miteinfließen. Ich hatte bei externer Programmierung manchmal das Gefühl, ausgeliefert zu sein, wenn ich ein Programm bekommen hatte. So hatte der externe Programmierer z.B. vergessen, in sein Programm die Wasserzufuhr, das Kühlwasser, zu programmieren. Oder ich sollte 15° schwenken, was aber an meiner Maschine nicht geht, da sie einen maximalen Schwenkbereich von 14° hat. Wenn ich selbst programmiere, weiß ich, was ich tue und weiß, was an der Maschine möglich ist."

Bemerkenswert ist, daß von Facharbeitern nicht nur die besonderen Kenntnisse des Materials, der Materialbearbeitung und der Werkzeuge angeführt werden, sondern gerade auch die besonderen Kenntnisse der Maschinen. Charakteristisch für diesen Sachverhalt stehen die folgenden zwei Beschreibungen: "Die Maschine zu kennen, zu wissen, wie sie auf was reagiert, welche Schwachstellen sie hat, ist für mich das Wichtigste. Nur dann kann ich ein ideales Programm erstellen." Und: "Da nicht jede Maschine genau gleich ist, bekomme ich über die Erfahrung an der Maschine auch ihre Schwachstellen mit. Ich wende dann einen Trick an, um diese Schwachstellen der Maschine zu umgehen. Diese Erfahrung fließt in die Erstellung eines Programms mit ein. Das ist wichtig zu betonen. Auch der gleiche Maschinentyp reagiert anders. So hat sich z.B. bei meiner Maschine durch einen Crash die X-Achse verändert. Darauf muß ich dann entsprechend eingehen und anders programmieren. Hierauf kann ich z.B. keine Rücksicht nehmen, wenn ich ein Programm aus der externen Programmierung erhalte. Auch weiß der externe Programmierer nichts von solchen Details an den Maschinen. Das Optimieren eines extern erstellten Programms wäre in diesem Fall viel zu langwierig und aufwendig."

Bei Werkstattprogrammierung besteht ein sich wechselseitig verstärkender Effekt: Erfahrungswissen kann direkt in die Programmerstellung eingebracht und zugleich erweitert und vertieft werden. Eine wichtige Grundlage hierfür ist, daß durch das Programmieren eine besondere Beziehung zur Maschine entwickelt wird (bzw. werden kann). Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Das Kennenlernen der Besonderheiten oder Macken der Maschinen ist besonders dann möglich, wenn ich die Ma-

schine auch programmieren kann. Auf diese Weise kann ich nämlich Unterschiedliches ausprobieren. Und je mehr ich dabei über die Maschine erfahre, desto eher kann ich sie auslasten. Wenn ich die Maschine selbst programmiere, kann ich mich auf sie einlassen."

(3) Von den Facharbeitern werden diese Effekte der Werkstattprogrammierung für die Erstellung eines optimalen Programms als wesentlich eingeschätzt. Daraus ergeben sich auch positive Effekte für den Betrieb. Indem die konkreten Erfahrungen an der Maschine bereits bei der Erstellung des Programms berücksichtigt werden, kann der Aufwand für das Optimieren der Programme reduziert werden. Typisch hierfür die Schilderung: "Wenn ich an der Maschine programmiere, kommt hinzu, daß man Dinge verbessern kann, daß man etwas, das sich im nachhinein herausstellt, bereits beim nächsten Programm berücksichtigen kann. Dies können die Leute in der AV nicht. Wenn ich selber programmiere, möchte ich alles am besten gleich einbauen, und zwar so, daß das Programm gar nicht mehr optimiert werden muß."

Die Programmierung an der Maschine spart damit vor allem Zeit. In den Worten eines Facharbeiters: "Das Optimieren von AV-Programmen ist viel zu langwierig, dann muß ich das Programm auf den Maschinentyp und auf spezielle Details abstimmen. Das kostet viel zu viel Zeit, da bin ich, wenn ich das Programm selber schreibe, sehr viel schneller."

Des weiteren können Bearbeitungsschritte und -folgen gewählt werden, durch die nicht nur Fehler vermieden, sondern auch die Maschinen optimaler ausgenutzt werden und die Qualität der Produkte verbessert wird. Anschaulich hierfür ist die folgende Schilderung: "In ein Aluminium soll eine 50 mm lange Bohrung gebohrt werden. Ich programmiere den Bohrer so, daß er nach 5 mm Tiefe jeweils eine Verweilzeit hat von einer Sekunde. Dadurch habe ich kurze Späne und keine sichtbaren Übergänge. Früher, als das Programm aus der AV kam, wurde dies nicht berücksichtigt, da sie einen Bohrzyklus verwendet haben, und der Bohrer jeweils aus der Bohrung herausgefahren wurde. So, wie ich es jetzt mache - das sind die Tricks, die man durch das Programmieren an der Maschine erlernt."

Unsere Ergebnisse bekräftigen damit vorliegende Befunde zur Wirtschaftlichkeit der Werkstattprogrammierung (Lay u.a. 1983; Lay u.a. 1986; Am-

mon 1988). Sie zeigen darüber hinaus, daß dieser Effekt wesentlich durch die Nutzung des Erfahrungswissens der Facharbeiter bedingt ist.

b) Sicherheit im Umgang mit der Maschine

(1) An CNC-gesteuerten Maschinen haben die Arbeitskräfte - im Unterschied zu konventionellen Maschinen - weniger unmittelbaren Einfluß auf die konkreten Bearbeitungsprozesse. Man hat die Maschine nicht mehr "in der Hand". Während man an der konventionellen Maschine die Bearbeitungsvorgänge überwiegend durch das Betätigen von Handrädern und Hebeln selbst auslöst, kann man - in den Worten eines Facharbeiters - "an der CNC-Maschine nur hoffen, daß das Programm richtig ist und die Technik funktioniert."

Diese Abhängigkeit vom Programm und von der Technik ist eine wichtige Ursache für die Unsicherheit im Umgang mit CNC-gesteuerten Maschinen (vgl. Böhle, Milkau 1988, S. 151 ff.). Wie unsere Untersuchung zeigt, kann die Programmierung an der Maschine dazu beitragen, diese Unsicherheit im Umgang mit CNC-gesteuerten Maschinen abzubauen.

(2) Von allen Facharbeitern, die an der Maschine programmieren, wird betont, daß sie einem Programm weit mehr "vertrauen", wenn sie es selbst erstellen. Exemplarisch die Aussage: "Ich befürworte eher die Programmierung an der Maschine, denn da weiß ich, was ich selbst programmiert habe. Ich kann mir vertrauen. Ich fühle mich dann sicherer."

Die größere Sicherheit kommt aber nicht nur daher, daß man es "selber" macht; vielmehr können - wie zuvor ausgeführt - die eigenen Erfahrungen an der Maschine bereits bei der Programmerstellung genutzt und damit später auftretende Störungen im Bearbeitungsprozeß vermieden werden. Anschaulich hierfür die folgende Darstellung: "Die Unfall- bzw. Crashgefahr bei Programmen aus der AV ist wesentlich höher. Unterschiede an den Werkzeugen, ob sie länger oder kürzer eingespannt sind, werden nicht berücksichtigt, und da fühlt man sich unsicher. Muß ich beispielsweise einen neuen Bohrer in die Werkzeugaufnahme einlegen und die gleiche Bohrlänge ist nicht mehr vorhanden, so kann ich, wenn ich an der Maschine programmiere, die Veränderung gleich einprogrammieren."

Auffallend ist, daß von Facharbeitern vielfach betont wird: "Die Angst kommt aus dem Programm und nicht aus der Maschine." Deshalb wird bei auftretenden Störungen im Bearbeitungsprozeß der Fehler zunächst im Programm gesucht. Auch in diesem Falle hat das Programmieren an der Maschine Vorteile. Es können nicht nur mögliche Ursachen für Störungen im Bearbeitungsprozeß besser berücksichtigt (und verringert) werden; es können auch Fehler in einem Programm leichter identifiziert und korrigiert werden, als dies bei externen Programmen der Fall ist. Man muß sich nicht erst "in das Programm der Programmierer hineindenken." Extern erstellte Programme müssen vom Facharbeiter - mitunter mühsam - nachvollzogen werden.

(3) Indem man das eigene Programm besser kennt, wird auch die Kontrolle der (programmgesteuerten) Bearbeitungsprozesse erleichtert. Exemplarisch wird dies in der folgenden Schilderung herausgestellt: "Wenn ich selbst programmiere, weiß ich, was ich tue. Ich kenne den vorherigen Schritt, den nächsten Schritt und habe das Programm selbst im Kopf. Ich brauche dann nur noch auf das Werkstück und den Verfahrweg achten." Und ähnlich die Beschreibung: "Wenn ich mir so sicher bin, dann liegt das daran, weil ich von der Zeit her weiß, was kommen muß, welcher Ablauf jetzt einsetzen muß. Ich habe im Kopf, daß nach fünf Minuten dieses Werkzeug an die Stelle des Werkstücks fahren muß. Tut es das nicht so, wie ich es eingegeben habe und voraussetze, halte ich die Maschine sofort an."

Bei einem selbsterstellten Programm ist es somit leichter, auch an CNC-Maschinen - ähnlich wie an konventionellen Maschinen - die Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen subjektiv nachzuvollziehen und auf dieser Grundlage zu kontrollieren. (Die hier angesprochenen Merkmale der Arbeitsweise werden nochmals detaillierter im 3. Abschnitt behandelt.)

c) Verbindung von "geistiger" und "körperlicher" Arbeit - "neue" Identität als Facharbeiter

(1) Bei externer Programmierung sehen sich die Facharbeiter - zumindest bei Einzelfertigung sowie kleineren bis mittleren Losgrößen - in ihrer Identität als Facharbeiter nicht unbedingt bedroht. Für die Selbsteinschätzung der Facharbeiter sind die "traditionellen" Qualifikationen bedeutsam,

die auch an CNC-gesteuerten Maschinen noch notwendig sind. Typisch hierfür die Aussage: "Wenn in der AV programmiert wird, verliert der Facharbeiter nicht seine Bedeutung an der Maschine. Es ist da vieles wie früher. Wir stellen jedesmal die Maschine neu ein. Wir müssen beispielsweise Stähle einrichten, vermessen, das Werkstück nachmessen, Platten wechseln usw." Diese Einschätzung ändert sich bei der Programmierung an der Maschine.

(2) Von Facharbeitern, die an der Maschine programmieren, wird neben der "traditionellen" Facharbeiterqualifikation zusätzlich das Programmieren als ein neuer Bestandteil der Facharbeitertätigkeit herausgestellt.

Neu ist dabei die stärkere Gewichtung direktiver Aspekte in der Arbeitstätigkeit. Der Werker erfährt es als positiv, daß nun die einzelnen Bearbeitungsprozesse an der Maschine nicht mehr selbst "durch eigenes Zutun" ausgelöst werden müssen, sondern daß es ausreicht, den Bearbeitungsprozeß zu planen und der Maschine entsprechende Befehle zu geben.

So zu arbeiten, kann - nach der Einschätzung und den Erfahrungen von Facharbeitern - ebenso befriedigend (wenn nicht befriedigender) sein wie die Arbeit an der konventionellen Maschine. Voraussetzung hierfür ist jedoch: "Man muß natürlich auch die innere Einstellung dazu haben. Es reicht nicht zu sagen, ich mach' das, weil ich Geld verdienen will. Man muß eine gewisse Freude, Spaß und Lust daran haben, zu sehen, daß man mit Zahlen, d.h. der Eingabe von Zahlen bzw. Fakten, das Gleiche erzielen kann, was ich früher durch Handräder bewerkstelligt habe. Man muß Spaß daran haben, so z.B. auch von der Genauigkeit her. Ich glaube, man muß ordentlich sein bei solchen Maschinen. Schlendrian in irgendeiner Form ist nicht gefragt."[8]

(3) Die Programmierung wird nicht als eine "abgehobene", vom eigentlichen Produktionsprozeß abgetrennte, "eher geistige" Tätigkeit gesehen. Ähnlich wie die Arbeitsplanung in der konventionellen Fertigung wird das

8 Es muß hier offen bleiben, ob es sich hier um einen speziellen Typus von Arbeitspersonen handelt, der eine besondere Affinität zu Zahlen in mathematischen Zusammenhängen aufweist, oder ob diese Fähigkeit auch bereits schon zur "Grundausrüstung" traditioneller Facharbeiter gehört, die möglicherweise beim CNC-Einsatz in besonderer Weise gefordert wird.

Programmieren als Bestandteil einer "produzierenden Tätigkeit" aufgefaßt: "Das ist eigentlich schon ganz ähnlich wie bei der manuellen Fertigung. Es ist ein schöpferischer Akt. Man erstellt das Programm - und dann erstellt die Maschine das fertige Werkstück. So weit ist es gar nicht weg von der manuellen Arbeit." Deutlich wird dies auch durch eine andere Aussage: "Das Handwerkliche, das Manuelle, geht eigentlich nicht verloren. Wenn das Teil fertig ist, dann sehe ich das Teil ja, dann kann ich das Teil in die Hand nehmen. Dann sehe ich ja den Erfolg."

(4) In dieser Verbindung zwischen dem Programmieren als eher planende sowie direktive Arbeit und der praktischen Tätigkeit an der Maschine wird in neuer Weise die Besonderheit der Facharbeitertätigkeit im Unterschied zu den nur "geistig" Arbeitenden, beispielsweise in der AV, gesehen. Typisch hierfür die Aussage: "Mit dem Programmierer würde ich nicht tauschen wollen. Da sehe ich ja nur die Zeichnung und nicht das fertige Werkstück. Gerade die Abwechslung an der Maschine, das macht es aus, daß ich zur Werkzeugausgabe gehe, das Werkzeug hole und einbaue usw."

Die Tätigkeit der Programmierer erscheint aus der Sicht von erfahrenen Facharbeitern ebenso einseitig wie die eines bloßen Maschinenbedieners, der nur Maschinen beschickt: "Das sind eigentlich die zwei Extreme, entweder nur Maschinenbediener zu sein, der nur ein- und ausspannt, oder nur Programmierer zu sein; denn als Programmierer glotzt man dann den ganzen Tag auf den Bildschirm. Der Programmierer weiß nicht, was er verkehrt gemacht hat. Den ganzen Tag nur am Bildschirm zu hocken und in die Röhre zu glotzen, das ist trostlos", sagt ein Facharbeiter.

(5) Auf diesem Hintergrund wird verständlich, weshalb Facharbeiter bei externer Programmierung es mitunter befürworten, nicht selbst zu programmieren. Gründe hierfür sind nicht nur Unkenntnisse (bzw. fehlende Programmierkenntnisse) oder die Kompliziertheit von Programmierverfahren; vielmehr wird hier von den Facharbeitern das Programmieren primär als eine "geistige", von sinnlich-praktischen Erfahrungen abgelöste Tätigkeit begriffen - so wie es in diesen Fällen auch den faktischen Ver-

hältnissen weitgehend entspricht. Eine solche Tätigkeit erscheint keineswegs - wie gezeigt - als generell erstrebenswert.[9]

Die positive Einschätzung des Programmierens an der Maschine resultiert somit wesentlich aus der Erfahrung einer Verbindung des Programmierens und dem praktischen Umgang mit der Maschine sowie der Beeinflussung der konkreten Bearbeitungsprozesse.

Hinzu kommt, daß an CNC-gesteuerten Maschinen körperliche Arbeit zunehmend den Charakter einer rein "ausführenden" Tätigkeit verliert und weit stärker das mit körperlicher Arbeit verbundene Erfahrungswissen - als ein wesentliches Element der Facharbeitertätigkeit und -qualifikation - in den Vordergrund tritt. Auf diese Weise können Facharbeiter bei der Werkstattprogrammierung ihre berufliche Identität auf die spezifische Verbindung von "geistiger" und "körperlicher" Arbeit bzw. "theoretischem" und "praktischem" Wissen gründen.

d) Konsequenzen für die Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken

(1) Unsere Ergebnisse bekräftigen, daß "Werkstattprogrammierung" in mehrfacher Weise, für die Arbeitskräfte ebenso wie für die Betriebe, Vorteile hat. Entsprechend sind Programmierverfahren - ebenso wie Formen der Arbeitsorganisation -, durch die das Programmieren an der Maschine erleichtert wird, ohne Zweifel ein wesentlicher Beitrag dazu, daß solche Vorteile der Werkstattprogrammierung zum Tragen kommen und genutzt werden können. Ob die positiven Befunde ausnahmslos auch für das Programmieren im Meisterbüro, also werkstattnah, gelten, wurde nicht untersucht. Bei "durchgängigen" Systemen zwischen Werkzeugmaschine und Programmierplatz können vermutlich aber ähnliche Zusammenhänge unterstellt werden.

---

9 Gleichwohl wird die Programmiertätigkeit überwiegend als eine qualifizierte und anspruchsvolle Tätigkeit angesehen. Typisch hierfür die Aussage: "Als ich noch gar nicht mit einem solchen Rechner gearbeitet hatte, hab' ich die Leute, die damit gearbeitet haben, immer bewundert." Nach unseren Befunden folgt hieraus aber nicht zwangsläufig, daß die Tätigkeit der Programmierer grundsätzlich als eine wünschenswerte Alternative zur Facharbeitertätigkeit angesehen wird.

(2) Wichtig ist vor allem, daß Facharbeiter bei Werkstattprogrammierung die Möglichkeit haben, ihr Erfahrungswissen über die konkreten Bearbeitungsprozesse und die Wirkungsweise der Maschinen zu vertiefen und dieses in die Programmiertätigkeit einzubringen. So werden z.B. wichtige Effekte und Vorteile der Werkstattprogrammierung beeinträchtigt, wenn einerseits zwar die Programmierverfahren vereinfacht, andererseits aber die Erfahrungsmöglichkeiten an den Maschinen eingeschränkt werden. Technische und arbeitsorganisatorische Entwicklungen sind daher grundsätzlich in dieser doppelten Perspektive zu beurteilen.

(3) Bisherige Bestrebungen zur Entwicklung facharbeitergerechter Programmierverfahren betrachten demgegenüber überwiegend das Programmieren isoliert als eine separate Tätigkeit. Damit besteht jedoch - wie im folgenden noch näher zu zeigen sein wird - die Gefahr, daß bei der Entwicklung von Kriterien für "facharbeitergerechte" Programmierverfahren von falschen oder zumindest unzureichenden Annahmen über die Arbeitsweise von Facharbeitern ausgegangen wird. In der folgenden Darstellung wird versucht, hier zu einer weiteren Klärung beizutragen und auf dieser Grundlage unterschiedliche Prinzipien des Programmierens bzw. der Programmierverfahren und Steuerungstechniken zu beurteilen.

3. Zur Vorgehensweise beim Programmieren

(1) Bei Vergleichen zwischen der Arbeitsweise an konventionellen und an CNC-gesteuerten Maschinen sehen Facharbeiter einen wichtigen Unterschied darin, daß bei der konventionellen Maschine die einzelnen Bearbeitungsvorgänge "Schritt für Schritt" geplant und durchgeführt werden, während demgegenüber an CNC-gesteuerten Maschinen insgesamt "vorweg" geplant werden muß. Typisch hierfür die Beschreibung: "Manuell wußte ich, da muß ich von da bis dahin fahren. Heute muß ich satzweise vorausdenken. Beim Manuellen heißt das, ich fahre von da bis dahin, messe nach, stelle neu ein. Beim Programmieren muß ich alles vorausdenken. Wenn ich einen Schritt programmiere, muß ich schon den nächsten mitdenken." Und ähnlich: "Man muß sich von Anfang an klar sein, von der ersten bis zur letzten Sekunde, was notwendig ist, bevor ich das Programm real an der Maschine ablaufen lasse. Man muß vorher alles wissen und festlegen. Es muß alles stimmen. Man kann nicht mehr - wie an der kon-

ventionellen Maschine - im Arbeitsprozeß etwas ändern. Besondere Entscheidungen sind die Werkzeugwahl und das Spannen. Das muß alles vorher festgelegt werden."[10]

Mit derartigen Einsichten könnte man zu der Auffassung gelangen, Programmierverfahren als facharbeitergerecht einzuschätzen, die ein Schritt-für-Schritt-Vorgehen ebenso wie an der konventionellen Maschine ermöglichen.[11] Am weitgehendsten berücksichtigt ist dieses Prinzip bei Programmiertechniken, die nach dem sog. Record-Playback-Verfahren gestaltet sind. Ein solches Verfahren zielt (idealtypisch) darauf ab, daß von den Arbeitskräften - ebenso wie an der konventionellen Maschine - die Bearbeitungsvorgänge nacheinander manuell durchgeführt werden und auf diese Weise zugleich (automatisch) ein Programm erstellt wird.

(2) Nach unseren Befunden wird ein Record-Playback-Verfahren an der CNC-Maschine von den Arbeitskräften jedoch eher skeptisch und ablehnend beurteilt; nur bei bestimmten Arbeitsprozessen wird es als vorteilhaft eingeschätzt. Damit rückt ins Blickfeld, daß Unterschiede zwischen konventionellen Maschinen und CNC-gesteuerten Maschinen nicht nur auf das Programmieren zielen, sondern die gesamte Steuerungstechnik und Arbeitsweise der Maschine umgreifen.

Ablehnend und skeptisch wird auch ein Verfahren beurteilt, bei dem jeweils ein Bearbeitungsschritt programmiert und dieser - vor der Programmierung des nächsten Schritts - unmittelbar an der Maschine abgefahren wird. Auch hier zeigt sich, daß ein solches schrittweises Vorgehen, das ebenfalls eine hohe Ähnlichkeit zu einem Schritt-für-Schritt-Vorgehen an konventionellen Maschinen aufweist, der Arbeitsweise an der CNC-gesteuerten Maschine offenbar nicht entspricht.

(3) Eine genauere Betrachtung zeigt, daß ein solches Vorgehen an CNC-Maschinen nicht völlig zurückgedrängt oder ersetzt wird; es wird aber von den Arbeitskräften in einer anderen Form als an konventionellen Maschinen entwickelt und praktiziert. Im einzelnen stellen sich die hier angespro-

10 Siehe hierzu ausführlich auch Böhle, Milkau 1988, S. 104 ff.

11 Vgl. zu dieser Diskussion z.B. Blum 1987.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

chenen Merkmale der Arbeit an CNC-gesteuerten Maschinen (bei Werkstattprogrammierung) wie folgt dar:

a) Beurteilung des Record-Playback-Verfahrens

(1) Bei der skeptischen Beurteilung des Record-Playback-Verfahrens durch Facharbeiter ist ein Hauptargument: "Mit dem Programmieren, da geht es einfacher." Das manuelle Arbeiten mit der Maschine (wie es der konventionellen Fertigung entspricht) wird von den Arbeitskräften im Vergleich zum Programmieren als umständlich und aufwendig angesehen. Typisch die Aussage: "Ein solches Verfahren finde ich viel zu aufwendig, da muß ich wieder alles mit der Hand machen, mit meinem Wissen geht das am Computer schneller." Sehr pointiert, aber durchaus entsprechend den hier vorgetragenen Argumenten, wurde z.B. das Record-Playback-Verfahren als ausschließliche Vorgehensweise beim Programmieren wie ein "Zurück in die Steinzeit" eingeschätzt.

(2) Solche dezidierten Einschätzungen finden sich allerdings nur dort, wo es sich um die Herstellung kleinerer Teile mit komplizierten Konturen und engen Toleranzen handelt, oder die Programmier- ebenso wie die Bearbeitungszeiten vergleichsweise gering sind (ca. 15 Min.). Bei großen Teilen mit einfachen Konturen und vergleichsweise langen Bearbeitungszeiten sieht man demgegenüber durchaus auch Vorteile in einem Record-Playback-Verfahren. Deutlich wird dieser Unterschied in der folgenden Schilderung wiedergegeben: "Bei kleinen Stücken mit nicht viel Bearbeitung ist das Vorwegprogrammieren günstiger. Bei größeren Bearbeitungsvorgängen besteht aber die Gefahr, daß man beim Einfahren feststellt, daß das eine oder andere nicht stimmt. Da ist es besser, daß man Schritt für Schritt programmiert. Ich kann dann unterbrechen und sehe gleich, was bewirkt wird. Wir wenden ein solches Verfahren auch in der Praxis an. Wir fahren manuell und erstellen dabei ein Programm. Der Vorteil ist, wenn ich das abfahre, weiß ich, daß es stimmt."[12]

(3) Für die Ablehnung des Record-Playback-Verfahrens werden von Arbeitskräften - ebenso wie auch von Herstellern - oft ökonomische und

12 Siehe ausführlich hierzu auch die Beschreibung eines solchen Vorgehens beim Programmieren: Dunkhorst 1989.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

technische Gründe genannt. Es wird argumentiert, daß beim manuellen Fahren der Maschine - speziell bei der Erstellung des ersten Werkstückes - bestimmte Vorgänge erforderlich sind, deren Übernahme in ein Programm nicht sinnvoll ist, da sie bei der weiteren Fertigung nicht mehr notwendig sind. Als ein Beispiel hierfür folgende Beschreibung: "Wenn ich einen Überdrehvorgang fertiggestellt habe und die Welle auf Paßgenauigkeit messen muß, lasse ich den Stahl nicht im Material stehen, sondern fahre ihn manuell heraus, damit ich genügend Platz habe, mit meinem Mikrometer diese Welle messen zu können. Beim Record-Playback-Verfahren wird diese Fertigungsunterbrechung aufgrund der Messung gleichzeitig im Computer auf das Programm aufgezeichnet und bei allen anderen Teilen abgefahren, obwohl eine solche Unterbrechung beim zweiten, dritten etc. Teil nicht notwendig ist. Würde man demgegenüber den Stahl im Überdrehvorgang stoppen und die Maschine gleichzeitig anhalten, um zu messen, also nicht manuell rausfahren, müßte man, falls man die Maschine wieder einschaltet, den Stahl ohne Abstand zum Material - der ja direkt beim Schneidvorgang noch im Material steckt - wieder anfahren, und eine solche Verfahrweise würde den Stahl sehr stark beanspruchen."

In unserer Betrachtung sind solche Argumente - unabhängig von ihrer Stichhaltigkeit - als nachrangig zu bewerten, da technisch bedingte Schwierigkeiten nicht prinzipiell dagegen sprechen, daß ein Record-Playback-Verfahren sinnvoll und wünschenswert wäre. Weit gravierender scheinen uns demgegenüber Gründe für eine Ablehnung des Record-Playback-Verfahrens, die sich aus Unterschieden in der Steuerungstechnik zwischen konventionellen Maschinen und CNC-gesteuerten Maschinen ergeben. Sie verweisen darauf, daß ein erfahrungsgeleitetes (subjektivierendes) Arbeitshandeln an CNC-gesteuerten Maschinen auch dort, wo ein Record-Playback-Verfahren möglich ist - zumindest beim gegenwärtigen Stand der technischen Entwicklung -, nicht generell durch eine direkte Übertragung von Arbeitsweisen, wie sie an der konventionellen Maschine praktiziert werden, entwickelt wird (bzw. werden kann). Auf einige der hier von den Arbeitskräften als wichtig herausgestellten Unterschiede zwischen konventionellen und CNC-gesteuerten Maschinen sei kurz näher eingegangen.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN

b) Unterschiede zwischen konventioneller und CNC-gesteuerter Maschine

(1) Auch wenn an der CNC-gesteuerten Maschine manuell gearbeitet wird, ist dies keineswegs identisch mit der manuellen Arbeit an der konventionellen Maschine. Offenkundig ist zuallererst, daß die manuelle Steuerung an der CNC-Maschine nicht über (mechanische) Hebel und Handräder erfolgt, sondern über Tasten und Schalter, über die die manuell ausgelösten Impulse elektronisch weitergegeben werden. Jedoch sehen die Arbeitskräfte hierin nicht die entscheidende Veränderung. So etwa die Aussage: "Die Tatsache, daß man früher Hebel und Handräder in der Hand hatte und jetzt nur Tasten drückt, das ist keine große Veränderung. Das ist reine Gewohnheitssache."[13]

Als eine weit gravierendere Veränderung erweist sich, daß an CNC-gesteuerten Maschinen auch die manuelle Steuerung ähnliche Vorgehensweisen verlangt, wie sie beim Programmieren gefordert werden. Nur "einfache" Bearbeitungsvorgänge werden im eigentlichen Sinne und analog zur konventionellen Maschine manuell durch die Betätigung einer Drucktaste, eines Schalters oder eines (elektronischen) Handrads gefahren. Exemplarisch hierfür die Aussage eines Facharbeiters: "Es gibt bestimmte Dinge, die werden ähnlich wie bei der konventionellen Maschine manuell ausgelöst, durch Knopfdruck oder Bedienen der Handräder. Manuell in dieser Weise können wir die Strecke von X nach Z fahren, da brauchen wir dann lediglich den Vorschub und die Drehzahl."

Demgegenüber lassen sich "komplizierte Konturen manuell gar nicht fertigen." Bei komplizierten Konturen und einem Gewinde muß in gleicher

13 Hierbei ist durchaus der Verlust der unmittelbaren, handgreiflichen "Rückkoppelung" - der bei der Bedienung mechanischer Steuergeräte gegeben ist - bewußt: "Es stimmt schon, man hat früher in der Hand etwas gespürt - da bin ich soweit gefahren, bis ich angestoßen bin." Auch dann, wenn - wie bei konventionellen Maschinen - zum Verfahren der Achsen oder der Regulierung des Vorschubs Handräder angebracht werden, fehlt - infolge der elektronischen Steuerung - die unmittelbare Rückkoppelung. Entsprechend kann man sie auch nicht in gleicher Weise bedienen, d.h. so weit zu fahren, bis man anstößt. "Das geht mit den elektronischen Handrädern nicht, denn wenn man da anstößt, kracht es. Ein Gefühl in der Hand hat man nicht." Auch wenn man den Umgang mit der elektronischen Steuerung als "Gewohnheitssache" betrachtet, wird durchweg herausgestellt, daß es zunächst in jedem Fall eine Umstellung war.

Weise wie bei der Erstellung eines Programms vorgegangen werden. Die Folge ist: "Auch wenn ich nicht programmiere, muß ich vorweg die richtigen Zahlen eingeben, die richtigen Befehle. Das ist ein wesentlicher Unterschied zur konventionellen Maschine."

Damit ergeben sich beim manuellen (nicht programmgesteuerten) Fahren der Maschine nicht nur ähnliche Anforderungen wie beim Programmieren, sondern auch ähnliche Fehlerquellen: "Man kann sich vertippen, man kann etwas vergessen, man kann minus oder plus verwechseln. So etwas kann an der konventionellen Maschine nicht passieren." Entsprechend auch das Resümee eines Facharbeiters: "Auch das manuelle Arbeiten an der Maschine hat sich verändert. Da kann man mit Sicherheit sagen, daß das nicht mehr dasselbe ist wie früher. Nur die Teile, die bearbeitet werden, die sind häufig die gleichen, aber die Bedienung ist wesentlich anders."

(2) Weitere Unterschiede bestehen in der Geschwindigkeit und Belastbarkeit der Maschine. Eine allgemeine Einschätzung der Facharbeiter ist, daß an der CNC-Maschine Geschwindigkeiten gefahren werden können, die manuell - wie an der konventionellen Maschine - kaum regulierbar und kontrollierbar sind. Hinzu kommt, daß durch die (infolge der höheren Geschwindigkeit) notwendigen Kühlflüssigkeiten die manuelle Bearbeitung in "Echtzeit" kaum möglich oder zumindest weit gefährlicher ist als an der konventionellen Maschine. Exemplarisch hierfür die Einschätzung des Programmierens auf der Basis eines Record-Playback-Verfahrens: "Darüber hinaus ist es viel zu gefährlich, da man durch Kühlwasser den wirklichen Bearbeitungsprozeß gar nicht mehr nachvollziehen, sprich sehen kann. Dadurch entstehen große Risiken und Probleme."

(3) Und schließlich ist auch die Leistungsfähigkeit der Maschinen verschieden. An CNC-gesteuerten Maschinen können mit den heute verfügbaren Werkzeugen Bearbeitungsprozesse und -vorgänge in nur wenigen Aufspannungen durchgeführt werden, die an konventionellen Maschinen nicht möglich bzw. sehr viel aufwendiger und umständlicher sind. Die manuelle Ausführung an der CNC-Maschine - analog der manuellen Bedienung von konventionellen Maschinen - erweist sich deshalb als Begrenzung für die Ausschöpfung der Leistungsfähigkeit von CNC-gesteuerten Maschinen. Entsprechend die folgende Schilderung eines Facharbeiters: "Die Herstellung dieser Kontur wäre an einer konventionellen Fräsma-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

schine äußerst aufwendig. An der CNC-Fräsmaschine kann ich diese Kontur zum einen durch äußerst wenige Aufspannungen herstellen, zum anderen brauch' ich die Radien und Übergänge nicht zu rechnen, das macht das Maschinensystem selbst." Und ebenso die Feststellung: "Manche Konturen lassen sich an der konventionellen Drehmaschine gar nicht herstellen oder man benötigt bedeutend mehr Zeit wegen des häufigen Umspannens und Werkzeugwechsels."

(4) Die genannten Unterschiede zwischen konventionellen und CNC-gesteuerten Maschinen führen dazu, daß für die Facharbeiter die manuelle Durchführung von Bearbeitungsprozessen an CNC-gesteuerten Maschinen keine wesentlichen Unterschiede gegenüber dem Programmieren aufweisen. Entsprechend ist auch bei einem Record-Playback-Verfahren die manuelle Erstellung eines Werkstücks nicht mit der Tätigkeit an einer konventionellen Maschine vergleichbar.

Auf diesem Hintergrund ist es für die Arbeitskräfte - insbesondere bei kleinen Werkstücken und kurzen Bearbeitungszeiten - vorteilhafter, zur Durchführung der Bearbeitungsprozesse ein Programm zu erstellen, und zwar auch dann, wenn hiermit nur ein einzelnes Teil gefertigt und nach der Bearbeitung mehrerer Werkstücke das Programm nicht gespeichert wird. Zu betonen ist, daß sich die hier umrissenen Einschätzungen auch bei Arbeitskräften fanden, die mit Steuerungen und Programmierverfahren arbeiten, bei denen ein Record-Playback-Verfahren nicht nur möglich ist, sondern die auch unter der Zielsetzung entwickelt wurden, die Bedienung weitgehend entsprechend der (manuellen) Arbeitsweisen an konventionellen Maschinen anzupassen.[14]

Eine genaue Betrachtung zeigt, daß die Arbeitskräfte auch an CNC-Maschinen beim Programmieren erfahrungsgeleitet "Schritt für Schritt" vorgehen; sie entwickeln dies aber nicht in gleicher Weise wie an der konventionellen Maschine. Die Alternative zwischen einem beschreibenden und einem handlungsorientierten Programmierverfahren stellt sich deshalb in der Praxis nicht in dieser Schärfe. Eine zentrale Rolle spielt hier die Verbindung von Programmieren und Einfahren.

14 Dies betrifft insbesondere die Steuerung MSHD2 von R&D.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

c) "Erst Programmieren, dann Einfahren"

(1) Bei Werkstattprogrammierung kann zwar der Aufwand für das Optimieren und ggf. Korrigieren verringert werden (s.o.); dennoch ist ebenso - aus der Sicht der Arbeitskräfte - eine Überprüfung der Programme unerläßlich.

Facharbeiter unterscheiden dabei zwischen einer Überprüfung der Stimmigkeit des Programms einerseits und dem Einfahren des Programms an der Maschine andererseits. Ersteres beinhaltet vor allem die Überprüfung hinsichtlich sog. "Programmierfehler", wie z.B. falsche Vorzeichen oder auch mögliche Kollisionen. Eine solche Überprüfung kann jedoch das Einfahren der Programme an der Maschine nicht ersetzen, denn "beim Einfahren ist der Ablauf an der Maschine interessant und nicht die Simulation. Die Simulation allein reicht nicht aus." Oft wird dies mit dem Hinweis verdeutlicht, daß bei der Simulation keine "Späne fallen". Betont wird damit, daß auch bei einem in sich stimmigen Programm im konkreten Bearbeitungsprozeß Dinge auftreten können, die - trotz Nutzung des Erfahrungswissens - ohne praktischen Test nicht berücksichtigt werden können (vgl. ausführlicher auch Abschnitt 4.).

(2) Die für das Schritt-für-Schritt-Vorgehen an der konventionellen Maschine typische empirische Kontrolle des Ergebnisses eines Bearbeitungsvorgangs, als Ausgangspunkt für das weitere Vorgehen, wird also auch von Arbeitskräften an CNC-Maschinen praktiziert. Maßgeblich hierfür ist das Einfahren. Hier wird das Programm überprüft und ggf. modifiziert. Typisch hierfür die Schilderung: "Das erste Werkstück wird im Probelauf gefahren. Da bin ich mit dem Finger auf dem Nothalt, sonst habe ich keine Chance, noch rechtzeitig anzuhalten. Manche lassen das Werkzeug auch 100 mm oberhalb des Werkstücks laufen, um zu sehen, ob es auch richtig fährt."

Es kommt vor allem darauf an zu überprüfen, ob die "Vorstellungen", die man über den realen Bearbeitungsprozeß beim Programmieren hat (vgl. hierzu ausführlicher Abschnitt 4.), mit dem konkreten Bearbeitungsprozeß übereinstimmen. Charakteristisch hierfür die Aussage: "Das Gefühl zum Ablauf entwickelt sich durch das Programmieren. Ich weiß, was der Stahl zu tun hat und machen muß. Habe ich einen anderen Bearbeitungsverlauf erwartet, als das Werkzeug sich verhält, drücke ich sofort auf die Stopta-

ste. Das merke ich sofort." Und ähnlich: "Man verfolgt das Programm im Geiste und beobachtet den Werkzeugablauf am Revolver - falls sich da ein falsches Werkzeug eingeschlichen hat."[15]

(3) Teilweise wird das Programm auch mit jeweiligen Unterbrechungen schrittweise (Satz für Satz) abgefahren, insbesondere wenn es sich um komplizierte oder für die Arbeitskräfte neuartige Programme bzw. Bearbeitungsprozesse handelt. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Ist das Programm sehr aufwendig, lasse ich es schrittweise ablaufen. Bin ich sehr unsicher mit dem Programm, wird jeder Schritt einzeln geprüft, bevor ich das Programm von Anfang bis Ende abfahren lasse."

Auch eine grafisch gestützte Simulation zum Programmtest reicht nicht aus: "Das Programm wird zwar mit der Grafik getestet, aber danach wird Schritt für Schritt abgefahren, und zwar deswegen, weil man unsicher ist, daß man vielleicht doch an einer falschen Stelle ein Werkzeug eingebaut hat oder sich bei den Nullen vertan haben könnte."

Zum Teil werden bei einem solchen Satz-für-Satz-Abfahren des Programms die programmierten Bearbeitungsabläufe durch eine manuelle Steuerung unterbrochen und ergänzt. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Beim Einzelsatz fahre ich mit dem Handrad an das Material heran und kontrolliere, ob aufgrund des programmierten Vorschubs der Stahl auch an der Stelle stehenbleibt, wie ich es eingegeben habe. Reagiert der Stahl richtig, drehe ich das Handrad wieder hoch. Danach kann ich starten. Macht das Werkzeug tatsächlich die Bewegung, die ich erwarte, lasse ich das Programm weiterlaufen."

(4) Für die Arbeitskräfte ist das Einfahren in jedem Fall eine entscheidende Kontrolle; dadurch erhalten sie die Sicherheit, den eigentlichen Bearbeitungsprozeß zu starten. Das Einfahren wird somit als ein unverzichtbarer Bestandteil des Programmierens angesehen. Es dient aber nicht nur zur Kontrolle, sondern wird auch zu einer (weiteren) Optimierung bzw. Anpassung des Programms an die konkreten Gegebenheiten an der Maschine genutzt. "Während der Bearbeitung des ersten Werkstücks kann ich

15 Hieran wird auch nochmals deutlich, daß und weshalb ein eigenes Programm leichter überprüfbar ist und man sich damit letztlich auch sicherer fühlt als bei externen Programmen.

noch eventuelle Optimierungseingaben vornehmen. Ich lerne somit die kritischen Stellen besser kennen. Das ist beispielsweise die Vibration des Werkzeugs aufgrund des Spannwerkzeugs. Das höre ich dann am Klang" - so z.B. die Ausführung eines Facharbeiters.

Des weiteren ist das Einfahren eine zentrale Grundlage für den Erwerb und die Vertiefung von Erfahrungen über die konkrete Wirkungsweise der Maschinen und der Werkzeuge sowie die Bearbeitungsabläufe. Dieses Erfahrungswissen wird nicht nur für die Optimierung und ggf. Korrektur von Programmen genutzt, es geht auch in die Erstellung neuer Programme ein.

Schließlich ist das Einfahren auch eine wichtige Grundlage für die Entwicklung eines sicheren Umgangs mit der Maschine und eines entsprechenden "Vertrauens" in die Technik. Typisch hierfür die Aussage: "Die Sicherheit an der Maschine habe ich dadurch bekommen, daß ich die Programme Satz für Satz fahre."

(5) Berücksichtigt man diese Bedeutung des Einfahrens, könnte die Vermutung entstehen, daß möglicherweise ein schrittweises Programmieren, bei dem jeweils ein Arbeitsschritt - wenn er programmiert ist - unmittelbar an der Maschine überprüft wird, der geschilderten Arbeitsweise eher entspricht (bzw. günstiger wäre), als wenn zunächst das Programm komplett erstellt und dann erst "empirisch" überprüft wird.[16] Nach unseren Befunden trifft dies jedoch aus der Sicht der Facharbeiter nicht zu. Typisch ist hier die Einschätzung: "Ein schrittweises Erstellen der Programme, also jeweils einen Schritt programmieren und dann an der Maschine testen, ist nicht gut." Und ebenso typisch ist die Begründung: "Es ist besser, erst das Programm zu erstellen und dann das Programm insgesamt zu testen - erst die Theorie, dann die Praxis."

(6) Ausschlaggebend für die Vorgehensweise der Facharbeiter ist, daß das Programmieren als ein in sich zusammenhängender Arbeitsablauf betrachtet wird. Sein gemeinsames (verbindendes) Merkmal ist für die Arbeitskräfte aber nicht nur (bzw. primär) das Anwenden von Programmiertechniken und Regeln, sondern insbesondere die "gedankliche" Vorstellung über notwendige Arbeitsabläufe zur Steuerung der konkreten Bearbeitungsprozesse. Es kommt hier ein Phänomen zum Tragen, das wir an an-

16 Ein solches Verfahren wird zumeist als "Teach-in"-Verfahren bezeichnet.

derer Stelle als "abstrakte Sinnlichkeit" beschrieben haben (vgl. Böhle, Milkau 1988, S. 136 ff.). Damit ist gemeint, daß die Arbeitskräfte Vorstellungen über Bearbeitungsprozesse herausbilden, die eine ähnliche Qualität haben wie real "erfahrene" Bearbeitungsprozesse. Exemplarisch hierfür ist die Auffassung: "Beim Programmieren stelle ich mir den Ablauf bildlich vor." Illustriert wird dies oft mit der Aussage, daß beim Programmieren die Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen "wie in einem Film" ablaufen (vgl. hierzu ausführlicher Abschnitt 4.).

Von den Arbeitskräften wird deshalb eine jeweils unmittelbare Überprüfung eines programmierten Arbeitsschritts abgelehnt, weil dies als eine Unterbrechung und Störung der für das Programmieren notwendigen gedanklichen "Vorstellungen" über die konkreten Abläufe an den Maschinen empfunden wird. Diese gedankliche Repräsentation kann zwar ihrerseits schrittweise erfolgen (z.B. beim gedanklichen Durchspielen schwieriger Bearbeitungsschritte), sie kann aber nicht beliebig unterbrochen und immer wieder neu aufgenommen werden. Jedenfalls wird nachdrücklich betont: "Beim Programmieren stelle ich mir den Ablauf bildlich vor, ein Schritt-für-Schritt-Verfahren würde mich da herausreißen." Oft wird dies damit umschrieben, daß es besser ist, jeweils bei "einer Sache" zu bleiben.

(7) Für die Facharbeiter handelt es sich somit bei der Erstellung eines Programms und dessen empirischer Kontrolle um zwei durchaus eigenständige Arbeitsvollzüge, die unterschiedliche Vorgehensweisen erfordern, zugleich bedingen sie sich aber wechselseitig und stellen im Arbeitsvollzug insgesamt eine Einheit dar.

Ausschlaggebend hierfür ist, daß ihr Unterschied nicht primär - wie dies vordergründig erscheinen mag - darin liegt, daß beim Programmieren mit abstrakten Symbolen und mathematischen Zusammenhängen umgegangen wird, während beim Einfahren die konkreten Bearbeitungsprozesse im Vordergrund stehen. Der für die Facharbeiter wesentliche Unterschied besteht vielmehr vor allem in einem jeweils unterschiedlichen Bezug auf die konkreten Bearbeitungsprozesse: ihre gedankliche Vorstellung bzw. "mentale Repräsentation" einerseits und ihre konkrete sinnliche Wahrnehmung andererseits. Hierin liegt aber zugleich auch die Gemeinsamkeit von Programmieren und Einfahren der Programme. Der Bezug auf den konkreten Bearbeitungsprozeß - als unmittelbar erfahrbarer sowie gedanklich vorgestellter - führt dazu, daß im konkreten Arbeitsvollzug das

Programmieren und die sinnlich-praktische Wahrnehmung der konkreten Bearbeitungsprozesse beim Einfahren eine Einheit darstellen, sich wechselseitig bedingen und beeinflussen. Hierauf beruhen wesentlich die Besonderheit und die Vorteile des Programmierens an der Maschine.

d) Konsequenzen für die Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken

(1) Unsere Befunde zeigen, daß sich die Alternative zwischen einem primär handlungsorientierten und primär beschreibenden Verfahren beim Programmieren in dieser Schärfe in der Praxis nicht stellt. Facharbeiter gehen auch bei sog. beschreibenden Programmierverfahren "handlungsorientiert" vor, für sie ist das Programmieren keine separate Tätigkeit, sondern unmittelbar verbunden mit dem Einfahren der Programme; entsprechend ist das Einfahren für sie ein Bestandteil des Programmierens. Facharbeitergerechte Programmierverfahren müssen diese für die Arbeitskräfte notwendige Einheit zwischen Programmieren und Einfahren berücksichtigen. Es kommt also nicht nur darauf an, das Programmieren (i.e.S.) zu erleichtern und facharbeitergerecht zu gestalten; es ist auch notwendig, daß beim und durch das Einfahren eine sinnlich-praktische Kontrolle und Wahrnehmung der programmgesteuerten Abläufe möglich ist. (Auf die damit angesprochenen Probleme bei der facharbeitergerechten Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungen wird nochmals in Abschnitt 5. und Abschnitt 6. ausführlicher eingegangen.)

(2) Ein grundlegendes Prinzip der Vorgehensweise von Facharbeitern ist, daß sie das Programmieren als einen in sich geschlossenen Arbeitsvollzug begreifen. Im nachfolgenden Abschnitt wird darauf noch ausführlicher eingegangen. Hier ist festzuhalten, daß ein verbindendes Element dieses Arbeitsvollzuges die gedankliche Abwicklung der Bearbeitung des Werkstücks darstellt. Einflüsse und Anforderungen, durch die dieser - als Einheit erlebte - Arbeitsvollzug unterbrochen und gestört wird, erweisen sich in besonderer Weise als belastend. Sie führen zu Fehlern, Mehraufwendungen (Wiederholung bereits vollzogener Arbeitsschritte etc.) sowie erhöhten Anforderungen an die Konzentration (Abschottung gegenüber Störungen). Die Umgebung in der Werkstatt steht dem nicht grundsätzlich entgegen, zumal sie zugleich den Vorteil der direkten Nähe zur Maschine bietet und damit auch die Einheit von Programmieren und Einfahren

(s.o.) räumlich unmittelbar abstützt. Es ergeben sich hieraus jedoch spezifische Anforderungen an die Arbeitsgestaltung, insbesondere an die Gestaltung der Arbeitsumgebung insgesamt. Es spielt hier z.B. der Lärm in den Produktionshallen und an benachbarten Arbeitsplätzen nicht nur unter dem Aspekt der Gesundheitsgefährdung (i.e.S.), sondern auch unter dem Aspekt psychisch-nervlicher und mentaler Belastungen eine Rolle. Auch der Zwang zu einem beständigen kurzzeitigen Umschalten zwischen der Ebene gedanklicher Vorstellungen einerseits und der konkreten sinnlich-praktischen Wahrnehmung andererseits kann belastend sein, da dies als permanente Unterbrechung und Störung empfunden wird (man kann sich weder auf das eine noch auf das andere einlassen). Dementsprechend sind auch Verfahren nach dem "Teach-in"-Prinzip nicht grundsätzlich positiv (obwohl sie theoretisch jeweils die unmittelbare empirische Kontrolle eines programmierten Bearbeitungsschritts ermöglichen würden); des weiteren führt insbesondere eine Verkoppelung der Programmiertätigkeit an der Maschine mit der gleichzeitigen Überwachung programmgesteuerter Bearbeitungsvorgänge (Automatikbetrieb) an anderen Maschinen zu erheblichen neuartigen Beanspruchungen und Belastungen; sie ist eine Form der Arbeitsorganisation (bzw. Arbeitsverteilung), die zwar gegenwärtig in den Betrieben noch kaum praktiziert, aber vielfach anvisiert wird; auf dem Hintergrund unserer Befunde erweist sie sich jedoch als nicht zukunftsträchtig und erstrebenswert; durch sie werden wesentliche Vorteile der Werkstattprogrammierung gefährdet (vgl. speziell hierzu auch Abschnitt 6.).

(3) Ein Record-Playback-Verfahren ist - trotz der durch unsere Befunde dokumentierten skeptischen Einschätzung seitens der Facharbeiter - keineswegs generell abzulehnen. Eindeutig positive Effekte ergeben sich für die Arbeitskräfte bei großen Teilen mit einfachen Konturen und vergleichsweise langen Bearbeitungszeiten. Die grundsätzliche Möglichkeit, ein solches Verfahren je nach Bedarf zu nutzen, ist in dieser Perspektive in jedem Fall zu befürworten.

Gleichwohl bleibt festzuhalten, daß - zumindest beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung - die Anwendung eines Record-Playback-Verfahrens unbefriedigend ist. Die Möglichkeit, hier ähnlich wie in der konventionellen Fertigung durch eine manuelle Steuerung verfahren zu können und schrittweise die Bearbeitungsvorgänge durchzuführen, ist nur begrenzt nutzbar. Die manuelle Steuerung unterscheidet sich teils erheblich von der

Steuerung der Bearbeitungsvorgänge in der konventionellen Fertigung, d.h., es werden teils ähnliche Vorgehensweisen von den Arbeitskräften gefordert wie beim Programmieren. Der wesentliche Vorteil eines Record-Playback-Verfahrens - so wie es gegenwärtig entwickelt ist - beruht daher nicht darauf, daß ähnlich wie in der konventionellen Fertigung handwerkliches Geschick, das Gespür in den Händen etc., angewendet werden kann, sondern er besteht primär in einer eher schrittweisen Programmierung, die weitgehend parallel zur bzw. unmittelbar verbunden mit der Durchführung der konkreten Bearbeitungsprozesse stattfindet. Dies wird aber von den Arbeitskräften nur bei bestimmten Bearbeitungsprozessen als vorteilhaft eingeschätzt.

4. Eingabe- und Dialogverfahren beim Programmieren

(1) Bei der Werkstattprogrammierung kommen gegenwärtig drei technisch unterschiedliche Verfahren zur Anwendung:

- Weitaus am meisten werden Programmierverfahren eingesetzt, deren Eingabe nach dem DIN-Satz-Verfahren erfolgen muß. Neuere Steuerungen dieser Art erlauben auch eine Vielzahl von Programmierunterstützungen für Berechnungen und Zyklen oder grafische Darstellungen. In komfortablen Steuerungen neueren Datums kann der DIN-Satz auch menügesteuert erstellt werden.

- Weit weniger verwendet werden menügesteuerte Programmierverfahren in Betrieben, bei denen der Arbeiter im Klartext durch Ausfüllen von Masken Programme erstellt und den DIN-Satz nicht kennen muß. Das Programmieren mit diesen Verfahren wird durch zusätzliche Funktionen für grafische Darstellungen unterstützt.

- In den letzten Jahren sind Verfahren auf den Markt gekommen, bei denen mittels Geometrieelementen und Symbolen Programme erstellt werden können, und der Arbeiter ebenfalls den DIN-Satz nicht kennen muß. Bei diesen Verfahren übernimmt die Steuerung umständliche Berechnungen und läßt einen einfachen Aufruf von Zyklen zu. Darüber hinaus erlaubt die Steuerung eine dynamische Simulation, um ein erstelltes Programm zu prüfen.

(2) Während die technischen Unterschiede zwischen den marktgängigen Steuerungen dieser Art für Drehen und Fräsen durch Martin u.a. (vgl. Dunkhorst u.a. 1987; Hoffmann u.a. 1989; vgl. auch den Beitrag von Hoffmann, Martin in diesem Band) eingehend beschrieben wurden, bestehen über die Merkmale des Arbeitshandelns und darauf fußende Anforderungen an die technische Unterstützung noch viele offene Fragen. Daß die Steuerungen möglichst werkstattorientiert oder facharbeitergerecht gestaltet sein sollen, ist, wenn sie Werkstattprogrammierung ermöglichen sollen, heute nicht mehr umstritten. Die Bedeutung der Werkstatt für eine flexible Produktion und eine dafür häufig eher geeignete Organisationsform des Programmierens an der Maschine oder doch maschinennah am Programmierplatz in der Werkstatt werden zunehmend mehr hervorgehoben (vgl. Erbe 1986). Der Facharbeiter kehrt, wie Brödner es ausdrückt, offenbar wieder als Garant der Produktion zurück (Brödner 1988). Aus diesem Grunde wird die Benutzerschnittstelle zwischen Arbeiter und Werkzeugmaschine als äußerst wichtiges Gestaltungsfeld deklariert. Die Informationsaufnahme und -verarbeitung an der Maschine werden stärker als bisher bedacht und gestaltet (vgl. hierzu u.a. Heeg 1988, S. 100 ff.; Fähnrich 1987, S. 144). Das läßt sich einmal von der Maschinenseite her betrachten, d.h., wie die Maschine möglichst schnell und zuverlässig ihre Daten erhält. Das läßt sich andererseits aber auch vom Arbeiter her betrachten, welche Informationen er für seine Arbeit braucht, und wie er dabei technisch unterstützt wird. Zu dieser zweiten Sichtweise gibt es nur vereinzelt Erkenntnisse. Hier setzt unsere Untersuchung an. Sie greift die markanten Positionen in der Diskussion hierzu auf und sucht, sie empirisch begründet zu beurteilen.

(3) Unsere Ergebnisse zeigen, daß der Facharbeiter im Rahmen subjektivierenden Arbeitshandelns ein spezifisches Leistungsvermögen bei der Technologie- und Prozeßbeherrschung entwickelt, und von hier aus Programmierverfahren hinsichtlich ihrer Eignung für Facharbeit zu bewerten sind. Positiv werden solche Eingabe- und Dialogtechniken eingeschätzt, die eine auf das Arbeitshandeln orientierte Vorgehensweise unterstützen und von zusätzlichem Aufwand entlasten.

a) Programmieren im DIN-Satz-Verfahren

(1) Beim Eingabeverfahren nach DIN-ISO muß der Facharbeiter die DIN-Norm 66025 "Programmaufbau für numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen" oder ISO 6983 beherrschen.

Die DIN-Norm hat zum Ziel, daß Steuerungsprogramme zwischen verschiedenen Arbeitsmaschinen der gleichen Gattung austauschbar sind, sie dient also der Vereinheitlichung von Schnittstellen. Wird das Steuerprogramm für die Maschine durch direkte Eingabe nach DIN erstellt, muß der Facharbeiter Satz für Satz entsprechend den Begriffen der DIN-Norm Steuerbefehle erteilen und Zahlwerte festlegen. Die Informationen, die ein NC-Programm im DIN-Format enthält, sind dabei grundsätzlich verschlüsselt. Anzugeben sind jeweils ein Buchstabe und ein mehrstelliger Zahlencode für:

- geometrische Anweisungen zu den Achsen (X, Y, Z, A, B, C, W etc.),
- technologische Anweisungen für den Vorschub, die Spindeldrehzahl und die Werkzeugauswahl (F, S, T),
- Anweisungen für die Wegbedingungen (G) sowie
- Anweisungen für Zusatzfunktionen.

N...	G...	X...Y...Z...	F...S...T...M...
programm-technische Satznummer	Wegbe-dingung	Zielpunktbeschreibung in Koordinaten der Maschinenachsen	technologische Daten, Vorschub, Spindel-drehzahl, Werkzeuge, Maschinenfunktionen

In der arbeitswissenschaftlichen Diskussion um die für Facharbeiter geeigneten Programmierverfahren wird die direkte Eingabe nach DIN/ISO von verschiedener Seite als zu informatikorientiert und deshalb für Werkstattprogrammierung als zu kompliziert eingestuft (vgl. Blum 1987; Weber 1988). In Auslegung der DIN-Norm 66244 Teil 8 "Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung" wird das DIN-Satz-Verfahren bei dieser

Betrachtungsweise als nicht genügend aufgabengerecht eingestuft, da es dem Facharbeiter erheblich zusätzlichen Aufwand zur Aufgabenerfüllung abverlangt, der sich lediglich auf den Umgang mit dem System bezieht (das Codieren), was mit seiner "eigentlichen" Arbeitsaufgabe, dem Bearbeiten von Werkstücken, nichts zu tun habe. Weil Eingabe- und Dialogverfahren mit Klartext oder mit selbsterklärenden Symbolen diesen zusätzlichen Aufwand nicht verlangen, werden sie deshalb als einfacher zu handhaben eingestuft. Schließlich wird auch die Position vertreten, Programmieren nach DIN werde durch die grafisch orientierten Verfahren weitgehend abgelöst.

Ist Programmieren nach DIN zu schwer für den Facharbeiter und letztlich aufgrund neuerer Entwicklungen überholt? Krogoll vertritt hier die Ansicht, daß sich Programmierverfahren (Programmieren nach DIN, mit Klartext/Symbolen, auf der Grundlage von Grafik) vor allem hinsichtlich der Verdeutlichung von Eingabe- und Verfahrensalgorithmen unterscheiden. Nach seiner Auffassung kann DIN diese Verdeutlichung auch leisten. Dazu führt er aus: "Die typische DIN-66025-Satz-Struktur, beispielsweise bei Geraden, ist prinzipiell ein ziemlich genaues Abbild dessen, wie die Maschine geschaltet wird. Insofern der DIN-Standard-Satz durch das diskrete Beschreiben jedes einzelnen zu erreichenden Endzustandes die interne Verarbeitung der NC-Steuerung verdeutlicht, ist seine Anschaulichkeit in bezug auf zugrunde liegende Steuerungsprinzipien kaum zu überbieten." (Krogoll u.a. 1986, S. 29.) Allerdings räumt er ein, daß die Verdeutlichung des Eingabealgorithmus durch Grafik oder Bedienerführung eine zusätzliche Programmierunterstützung darstellt, da beispielsweise nicht NC-gerechte Werkstückzeichnungen ohne zusätzliche Berechnungen eingegeben oder Fehler erkannt werden können.

Nullmeier hält dem entgegen, es komme nicht so sehr auf die Genauigkeit eines Abbildes an, das sage über die Anschaulichkeit noch gar nichts aus. Wenn man von und Beschreibung der Arbeitsaufgabe eines CNC-Programmierers ausgehe, bedürfe es der Antizipation der realen Bearbeitung. Das CNC-Programmiersystem sollte es deshalb nach seiner Ansicht erlauben, die abzufahrende Kontur, d.h. die Relation Werkzeug/Werkstück möglichst direkt darzustellen und zu manipulieren. Keine noch so gute alphanumerische Darstellung kann nach seiner Auffassung mit der Grafik konkurrieren. "Sicher ist auch eine auf dem Bildschirm dargestellte Grafik ein geometrisches Element, eine symbolische Darstellung der antizipierten

(oder zu antizipierenden) Realität, aber diese Symbole können leichter in die Realität rückübersetzt werden: Der mentale Aufwand der Übersetzung, der nichts mit der Erledigung der primären Aufgabe an sich zu tun hat, ist geringer" (Nullmeier 1987, S. 34).

(2) Unsere Befunde erlauben diese krasse Gegenüberstellung nicht. Sie gilt nur beim Vergleich von Einübungszeiten. Alle Facharbeiter, die bereits mehrere Jahre nach dem DIN-Satz-Verfahren programmiert haben, erwähnen, daß man längere Zeit braucht, um diese Norm zu beherrschen. "Hierzu braucht man etwa ein Jahr, um die Symbole und ihren Umgang zu kennen", sagt ein Facharbeiter. Die DIN-Satz-Logik muß sich der Facharbeiter also erst aneignen, so wie man sich einer Fremdsprache zuwendet. Auffallend ist jedoch, daß der DIN-Satz dann zu einer "Gewohnheit" werden kann, den Facharbeiter ohne Anstrengung bewältigen können. Exemplarisch dafür die Aussage: "Im DIN-Satz zu programmieren, geht irgendwann in Fleisch und Blut über, das ist genau so, als wenn man manuell programmieren würde."

(3) Für den Facharbeiter, der genügend Zeit zur Einübung hat, ist die direkte Eingabe nach DIN-Satz kein Verfahren, mit dem ihm eine spezifisch informatikorientierte Vorgehensweise aufgezwungen wird. Der erfahrene Facharbeiter kann mit dem DIN-Satz den Bearbeitungsvorgang am Werkstück nachvollziehbar beschreiben. Typisch die Aussage: "Vorstellungen über die Bearbeitung des Werkstückes mußte ich auch früher an der konventionellen Maschine haben. DIN-Satz-Programmierung bedeutet heute für mich, daß ich das, was ich früher mit dem Hebel gestellt habe, nun mit einer Taste drücke." Und ähnlich: "Der DIN-Satz ist soweit weg nicht vom Bearbeiten der Werkstücke. Hinter den Symbolen sehe ich etwas. Ich weiß, was das bedeutet."

Gerade der Umstand, daß Konturbeschreibungen und technologische Werte zugleich eingegeben werden müssen, kommt der Arbeitsplanung für die Bearbeitung des Werkstückes entgegen. "Ich bekomme über den DIN-Satz und das Programmieren in kleinen Schritten einen besseren Bezug zum Werkstück", betont ein Facharbeiter, der auch das Programmieren mit Geometrieeingaben kennt. Das bekräftigt auch ein anderer Facharbeiter: "Programmiere ich im DIN-Satz, so habe ich den Verlauf während des Programmierens bereits vor Augen. Ich bedenke dann zweierlei Dinge, zum einen, was macht die Maschine, und zum anderen, wie sieht bzw. muß

das Werkstück, wenn es fertig ist, aussehen? DIN-Satz-Programmierung ist ein zusammenhängendes Programmieren." Im gleichen Sinne erläutert ein weiterer Facharbeiter: "Ich halte das DIN-Programmieren für besser, da ich hierbei direkt eingeben kann, ohne viel zu blättern. Ich stelle mir bei DIN schon im Kopf vor, was zu machen ist. Da brauche ich auch keine Vorgabenbilder, beispielsweise Masken zur Werkzeugauswahl."

(4) Die Einübungszeit in das Programmieren nach dem DIN-Satz-Verfahren wird erleichtert, je mehr zusätzliche Funktionen durch die Steuerung übernommen werden, beispielsweise Berechnungen und Aufruf von Zyklen. Sie kann erheblich gesenkt werden durch menügesteuertes Programmieren, bei dem im Klartext Abfragen erfolgen, aus denen sich die Steuerung den DIN-Satz ermittelt, den der Facharbeiter aber verstehen muß. Allerdings wird das menügesteuerte Programmieren im DIN-Satz bei den in unsere Untersuchung einbezogenen Systemen häufig als zu aufwendig angesehen. Dazu die Facharbeiter: "Die Blätterei ist umständlich. Die Codierung ist unübersichtlich. Es gibt zu viele Informationen, die mich zum Teil verwirren"; und: "Man muß in abgelegten Dateien nachschauen. Man kann sich diese Fülle von Informationen, die die Maschine anbietet bzw. von einem verlangt, kaum merken." Dieser Einwand richtet sich nicht generell gegen menügesteuertes Programmieren im DIN-Satz. Es weist nur auf Mängel einiger Systeme hin. Menügesteuertes Programmieren im DIN-Satz und Programmierunterstützung erlauben eine Beherrschung des DIN-Satzes. Der erfahrene Facharbeiter möchte wählen zwischen einer direkten Eingabe und einer Menüunterstützung, und er möchte vor allem entlastet werden von Berechnungen.

b) Programmierunterstützung

(1) Für den erfahrenen Facharbeiter ist es von herausragender Bedeutung, inwieweit ihm eine Steuerung Programmierunterstützung anbietet. Das gilt unabhängig von der betrachteten Steuerung, also sowohl für das Programmieren im DIN-Satz wie auch das Programmieren ohne DIN-Kenntnisse, beispielsweise durch menügesteuertes Programmieren im Klartext oder mit Geometrieelementen. Alle Facharbeiter heben in unserer Untersuchung Programmierunterstützung als das wesentliche an den Steuerungen hervor. Positiv vermerkt wird die Programmierunterstützung zum

Wegfall von Berechnungen, zum Aufruf von Zyklen, zur Simulation von Verfahrwegen und für Fehlerkorrekturen.

(2) Die Übernahme von Berechnungen durch die Steuerung wird von seiten der Facharbeiter als äußerst erleichternd empfunden: "Früher brauchte man den Taschenrechner", heißt es beispielsweise, "das geht jetzt an der Maschine viel einfacher, mit weniger Zeitaufwand, da viele Rechnungen routinemäßig vollzogen werden." Dadurch fühlen sich die Facharbeiter von Aufgaben entlastet, die aus ihrer Sicht von anderen vorgenommen werden sollten, und sie können sich dann ihrer "eigentlichen" Aufgabe, der Technologie- und Prozeßbeherrschung, widmen. Diese Auffassung drückt ein Facharbeiter überspitzt so aus: "Wir sind da zum Schaffen und nicht zum Rechnen." Ausschlaggebend ist hierbei vor allem die Ablenkung beim Programmieren, die durch selber durchzuführende Berechnungen hervorgerufen wird. Demgegenüber haben CNC-Steuerungen den besonderen Vorteil: "Wir müssen nicht mehr die Berechnungen selbst tätigen, sondern geben die Linien in den Rechner ein, der das Programm aus den Daten dann selbst erstellt. Das war an den Programmiersystemen vor Jahren noch nicht möglich, da mußte man jede Berechnung noch über Sinus, Winkelfunktion usw. selbst machen." Diese Erleichterung findet sich bei allen Schilderungen der Facharbeiter über ihre Arbeit, gleichgültig, ob sie im DIN-Satz programmieren oder ohne Kenntnisse des DIN-Satzes. So sagt ein Facharbeiter, der im DIN-Satz programmiert: "Fehlt beispielsweise ein Maß in der Zeichnung, so berechnet mir die Steuerung das ausgelassene Maß selbst. Diese Maßberechnung wird in der Praxis sehr häufig verwendet, da man täglich ausgelassene Maße auf den Zeichnungen findet." Ein anderer Facharbeiter, der mit Geometrieeingabe programmiert, sagt ähnlich: "Gebe ich einen Kreisbogen im Uhrzeigersinn ein, gibt mir das Dialogsystem Adressen vor, und ich muß entsprechende Angaben machen, beispielsweise hinsichtlich Mittelpunkt, Radius usw. Werden von mir nicht genug bzw. keine Angaben gemacht, läuft das Programm zwar weiter, es kann jedoch nicht abgefahren werden, weil die Maschine zu wenig Informationen hat, um das Programm zu berechnen. Ich finde dieses Dialogsystem sehr vorteilhaft, weil es mir Entscheidungen abnimmt, es fragt mich Dinge, die es benötigt, und ich habe dann nur die entsprechenden Daten einzugeben."

(3) Diese Erleichterung gilt auch für den Aufruf von Zyklen und das Schreiben von Unterprogrammen. Ein Facharbeiter, der im DIN-Satz

programmiert, sagt dazu: "Mit Zyklen habe ich gute Erfahrungen gemacht, beispielsweise mit Gewindezyklen oder Längszerspanzyklen, denn dann muß ich nur einen Satz schreiben, das ist eine große Erleichterung." Und ähnlich ein Facharbeiter, der mit Geometrieeingabe programmiert: "Zyklen, beispielsweise für das Schruppen, können leicht aufgerufen werden. Man braucht dann nur den Anfangs- und den Endpunkt in die Maschine eingeben. Auch kann man sich anhand der Masken, die die Steuerung vorgibt, schneller für einen Schruppzyklus entscheiden, als dies beispielsweise über ein Programmierhandbuch möglich ist."

(4) Auch eine optische Kontrolle des Programms findet durchweg die Zustimmung der Facharbeiter. Das gilt sowohl für eine Kontrolle bei der abschnittsweisen Erstellung einer Kontur wie nach der Erstellung des gesamten Programms.

Ein Facharbeiter, der durch Geometrieeingabe programmiert, sagt: "Die Steuerung zeichnet nicht, wenn das Programm nicht vollständig in Ordnung ist, d.h. erst, wenn alle Angaben richtig sind, und ist deshalb hilfreich bei aufwendigen, komplizierten Konturen." Ein anderer Facharbeiter, der im Klartext programmiert und die Programmschritte grafisch dargestellt bekommt, sagt: "Ich benutze die Grafik regelmäßig, sie macht mich sicherer, denn grobe Programmierfehler können über sie erkannt und verändert werden. Auf dem grafischen Monitor kann ich unmittelbar erkennen, ob ich es richtig gemacht habe, denn die Steuerung setzt nach Eingabe der Verarbeitungspunkte bzw. Bearbeitungsschritte diese in ein konkretes Verfahrbild um."

Ein Großteil der Facharbeiter sieht auch die Simulation der Verfahrwege nach Erstellung des Programms als eine wichtige Unterstützung an. Einige benutzen die Simulation ständig, andere nehmen sie nur gelegentlich in Anspruch." Eine typische Aussage hierzu ist: "Grafik ist ab und zu eine Hilfe. Wenn man sich nicht ganz sicher ist und ein kompliziertes Teil, eine komplizierte Kontur, zu bearbeiten hat, dann überprüft man das Teil doch eher über die Grafik." Die Simulation wird deshalb vom erfahrenen Facharbeiter besonders bei komplizierten Konturen zur Kollisionsprüfung genutzt. Das ist aber auch nur der Fall, wenn diese Simulation selbst nicht aufwendig erstellt werden muß, d.h. umständlich zu handhaben ist. Als vorteilhaft wird eine dreidimensionale Abbildung bezeichnet, bei der ein Werkzeug sichtbar ein Rohteil Schritt für Schritt abträgt. Eine typische

Aussage hierzu: "Ich kann sehen, wo das Werkzeug in allen drei Ebenen fährt, wo die Werkzeugschneide wirklich steht, wo der Nullpunkt liegt." Als hinderlich angesehen werden, wenn die Werkzeuge nur grob und schematisch dargestellt sind oder die optische Abbildung nicht mit den Maßen des tatsächlichen Bearbeitungsvorgangs übereinstimmt, also kein 1:1-Verhältnis gegeben ist. "Ich habe z.B. keinen Fräser abgebildet, sondern nur einen Halbkreis", sagt ein Facharbeiter, "die Darstellung der Tiefe ist unverhältnismäßig, sie stimmt nicht." Vor allem wird bemängelt, daß die Darstellung der Spannwerkzeuge häufig nur sehr grob ist oder gar gänzlich fehlt.

(5) Einig sind sich alle Facharbeiter darin, daß die entscheidende Sicherheit nur beim Einfahren Satz für Satz, ggf. im Trockendurchlauf, erreicht werden kann (vgl. Abschnitt 3.). Typisch die Aussage: "Wichtiger als die Simulation ist der Ablauf an der Maschine. Die Simulation allein reicht nicht aus. Die grafische Simulation ist nur eine Kontrolle, ob das Programm stimmt." Und weiter: "Durch Simulation können Geometrie- und Syntax-Fehler ausgeschaltet werden. Aber Eilgangs- und Vorschubfehler werden eben nicht angezeigt."

Eine Simulation während laufender Bearbeitungsvorgänge wird als nichtssagend abgetan: "Eine Simulation in Echtzeit, die einen geringen zeitlichen Vorlauf hat, um bei Fehlern auch eingreifen zu können, bringt nichts. Sie hilft, weder richtige Technologiewerte zu ermitteln, noch um schneller zu reagieren."

c) Programmieren ohne DIN-Satzverfahren mittels Geometrieeingabe

(1) Zu den Programmierverfahren, die keine DIN-Satz-Kenntnisse vom Facharbeiter beim Programmieren verlangen, gehören grafisch gestützte Eingabe- und Dialogverfahren sowie Eingabe- und Dialogverfahren im Klartext und mit Symbolen.[17]

Mit den im Rahmen des 1988 abgeschlossenen Forschungsverbundes "Werkstattorientierte Programmierung (WOP)" entwickelten Program-

17 Bei diesen Verfahren wird das Maschinenprogramm in DIN durch einen Postprozessor vorgenommen. Wenn der Facharbeiter Fehler direkt suchen will, muß er dann auch den DIN-Satz kennen.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

mierverfahren der sog. direkten Manipulation können grafisch gestützte Dialogtechniken eingesetzt werden, mit denen ein ganzes Programm ohne Kenntnisse einer Programmiersprache oder des DIN-Satzes erstellt werden kann. Nach Ansicht einiger am WOP-Projekt beteiligten Systementwickler (vgl. Kief 1988; Hekeler 1988) und Anwender (vgl. Ammon 1988) ist das menügesteuerte Programmierverfahren der direkten Manipulation eine besonders facharbeitergerechte Technik zur Programmierung und Kontrolle vor Ort, direkt an der Maschine.

Diese besondere Eignung des Verfahrens sprechen sie aufgrund der Annahme aus, daß Facharbeiter durch eine eher gegenständlich-anschauliche Denk- und Handlungsweise geprägt sind. Die Arbeit des Facharbeiters ist für sie dadurch gekennzeichnet, daß sie mit der Zeichnungslesung beginnt und sich an konkreten Werkzeugen orientiert. Deshalb sollen die bei der Programmierung verwendeten Objekte, Operationen und Simulationsabläufe in möglichst enger Anlehnung an technische Zeichnungen grafisch dargestellt werden. Auch soll die Bedeutung auszufüllender Datenfelder aus grafischen Darstellungen hervorgehen. Diesen Anspruch erfüllt nach ihrer Ansicht vor allem das Verfahren der direkten Manipulation für die Bearbeitung der Geometrie, die Aufteilung der Abspanzyklen auf die Arbeitssituation sowie die Anordnung der Werkzeuge auf dem Werkzeugspeicher (vgl. Raether 1988, S. 51).

(2) Wurde mit dieser Dialogtechnik der direkten Manipulation als Programmierverfahren "endlich" das "facharbeitergerechte" Arbeitsmittel entwickelt, das allen anderen überlegen ist? Nach unseren Erhebungen läßt sich diese Auffassung ohne weiteres nicht bekräftigen. Der Ausgangspunkt greift nicht weit genug. Er beschränkt sich auf geläufige Symbole und Objekte, während er der Arbeitsweise von Facharbeitern nicht unbedingt entgegenkommt.

Das Verfahren trennt die Geometrieerstellung von der Technologiebestimmung. Zunächst werden die Konturen erstellt, dann werden das Werkzeug ausgewählt und die Bearbeitungsfolge bestimmt. Unsere Befunde legen nahe, daß damit die charakteristische Vorgehensweise von Facharbeitern verkehrt wird. Sie denken von der Arbeitshandlung an der Maschine her, von der Aufspannung und vom Werkzeuggebrauch, und weniger von der Geometrie her. Ein Facharbeiter drückt das so aus: "Wenn ich nicht weiß, was ich zu tun habe, sprich: über den Verlauf der Bearbeitung wenig

Ahnung habe, dann kann mir die Steuerung auch nicht helfen." Noch krasser ein anderer: "Bei meiner Art des Vorgehens spielt die Geometrie-Abbildung keine Rolle. Die hab' ich sowieso im Kopf." Ein Facharbeiter, der sowohl in der Handhabung grafisch gestützter Programmierverfahren wie auch im Programmieren nach DIN-Satz geübt ist, betont: "Ob ich über den DIN-Satz das Programm erstelle oder über die Grafik, ich muß mir immer die gleichen Gedanken machen."

Wichtig ist die Bemerkung eines anderen Facharbeiters, der durch Geometrieeingabe den für ihn ganzheitlichen Vorgang beim Programmieren als in zwei Teile zergliedert erlebt: "Das System gibt eine Zeichenreihenfolge vor. Zuerst muß die Innenkontur, dann die Außenkontur eingegeben werden. Die grafische Erstellung ist unabhängig von der tatsächlichen Bearbeitungsschritt-Reihenfolge. Das Werkstück muß von rechts nach links und von innen nach außen gezeichnet werden, obwohl diese Reihenfolge und diese Herangehensweise der Richtung mit den tatsächlichen Bearbeitungsschritten oft oder meistens nicht übereinstimmt. Das bedeutet, man muß zweimal denken. Einmal bei der grafischen Erstellung und zum anderen bei der tatsächlichen Bearbeitung."

(3) Für die Technologiebestimmung wird die grafisch interaktive Vorgehensweise als umständlich bis unnötig eingeschätzt. "Was die Kontur angeht, ist die Steuerung sehr hilfreich, was die Bearbeitung angeht, ist die Steuerung umständlich", sagt dazu ein Facharbeiter. "Die Steuerung ist nur dann einfacher und leichter, wenn man von vornherein weiß, was man will, sprich: auch Erfahrung hat", sagt ein anderer. Vor allem zwei Gründe werden genannt. Zum einen wird das Verfahren der direkten Manipulation als zu aufwendig bezeichnet. "Das Eingeben ist zu umfangreich und kompliziert", heißt es etwa. Oder: "Einstich mit der Steuerung mache ich gar nicht. Es ist länger und schwieriger und deshalb eine große Fehlerquelle. Da habe ich schlechte Erfahrungen gemacht." Zum anderen wird der grafisch interaktive Dialog zur Technologiebestimmung als zu passiv angesehen. "Die Steuerung gibt ein Schema vor, da kann ich nicht individuell arbeiten." Die Festlegung der Bearbeitungsfolge durch systematisches Aneinanderreihen einzelner Bearbeitungsschritte findet der geübte Facharbeiter als zu aufwendige und zu einengende Bedienerführung: "Die Grafik ist für mich Spielerei", sagt hier z.B. ein Facharbeiter, "da ich ja schon von vornherein weiß, wenn ich mir die Zeichnung durchdacht habe, was zu tun ist. Ich muß mir sowieso Gedanken machen, wie ich vorgehe.

Bis die Grafik gerüstet wird, habe ich das Teil schon im Einzelsatz programmiert. Dabei kann mir die Grafik nicht helfen."

(4) Der geübte Facharbeiter gibt aber unumwunden zu, daß die Bedienerführung beim interaktiven Dialogverfahren für die Einübung in Werkstattprogrammierung, d.h. für Anfänger, durchaus hilfreich sein kann. In diesem Sinne sagt ein Facharbeiter: "An der Steuerung kann es nicht vorkommen, daß man der Maschine Informationen vorenthält bzw. sie vergißt, wie es bei der DIN-Programmierung möglich ist, da die Steuerung, an der man die Kontur erstellt, sofort die eingegebenen Informationen in eine Kontur übersetzt und aus diesem Grund zu geringe Informationen nicht in eine Kontur übersetzen kann. Die Steuerung prüft die Eingaben nach ihrer Praktizierbarkeit. Lückenhafte Eingaben werden nicht in die Grafik übersetzt. Diese Art von Grafikerstellung ist daher vor allem für Anfänger von Vorteil, die nicht immer gleichmäßig konzentriert sind und daher am besten von der Maschine überprüft werden." Ganz ähnlich schätzt ein anderer Facharbeiter die Bedienerführung ein. "Vielleicht ist sie eine Erleichterung für Unerfahrene, zum Anlernen, aber später braucht man sie nicht mehr, sie hält eher auf."

(5) Der geübte Facharbeiter nutzt die Geometrieeingabe insbesondere bei der Erstellung komplizierter Konturen. Dann unterstützt die Steuerung ihn, weil sie ihn von Berechnungen entlastet. Er nutzt auch die Simulation nach der Erstellung des Programms, also wieder eine spezifische Programmierunterstützung. Geometrieeingabe und anschließende Technologieermittlung zum Programmieren eines ganzen Programms findet aber seine Zustimmung nicht. Daß das Verfahren mit Erfolg eingesetzt werden kann, beispielsweise für das Programmieren von Wiederholteilen, bezweifeln die Facharbeiter in unserer Untersuchung nicht. Werden aber mit diesem Verfahren nur Teile mit einfachen Konturen programmiert, so handelt es sich nach ihrer Auffassung eher um ein Verfahren, um mit angelernten Arbeitskräften Teilespektren bearbeiten zu können. "Immer nur kurze Programme von 15 Minuten schreiben, ist auf die Dauer langweilig und belastet", sagt ein Facharbeiter hierzu.

d) Programmieren ohne DIN-Satz im Klartext und mit Symbolen

(1) Die menügesteuerte Programmierung im Klartext und mit Symbolen, d.h. ohne Zwang zur Beherrschung des DIN-Satzes, wird von den Facharbeitern durchweg als positiv eingeschätzt. Bei diesem Verfahren wird dem Facharbeiter mit Hilfe eines Menüs ein Frage- oder Vorschlagspaket unterbreitet, aus dem jeweils eine Antwort zu quittieren ist oder ein bestimmter Zahlenwert eingegeben werden muß. Wenn dies geschehen ist, wird der nächste Schritt bearbeitet. Ist ein Menü beendet, wird automatisch das nächste aufgerufen, bis alle für die Erstellung eines CNC-Programms relevanten Parameter in die Steuerung eingegeben sind.

Die in unserer Untersuchung berücksichtigten Programmierverfahren werden als leicht handhabbar bezeichnet, weil sie von der Bearbeitung des Werkstücks ausgehen. Der Werker kann seine Vorstellung über die Bearbeitungsfolge direkt umsetzen. Schwierige Berechnungen entfallen: "Mit der Steuerung geht das Umsetzen von der abstrakten Vorstellung des fertigen Werkstücks in die Steuerung schnell. Die Eingabe beschränkt sich bei dieser Steuerung auf Längen und Winkel, alle anderen Berechnungen werden von der Maschine ausgeführt. Das erleichtert das Programmieren, da man dann nicht alles selbst berechnen muß, denn durch das Rechnen fühle ich mich abgelenkt. Die Schnittpunktberechnung von verschiedenen Radien, die ineinander übergehen, ist sehr aufwendig und kompliziert." Auch der Aufruf von Zyklen geht schnell: "Die Maschine fragt, was ich zu tun habe; ich muß nur die End- und Startpunkte eingeben. Die Kontur errechnet sie sich selbst." Für Kleinteile mit einfachen Konturen reicht nach Auffassung der Facharbeiter eine Einarbeitungszeit von sechs Wochen.

(2) Bei dem Programmierverfahren im Klartext und mit Symbolen werden somit Vorzüge genannt, wie sie auch andere Steuerungen aufweisen, nämlich die Übernahme von Berechnungen und der Aufruf von Zyklen. Gegenüber dem Verfahren mit Geometrieeingabe gehen die in unserer Untersuchung berücksichtigten Verfahren im Klartext und mit Symbolen von der Technologie aus, vom Aufruf des Werkzeugs und unterstützen dadurch die Herangehensweise des Facharbeiters. In diesem Sinne sagt ein Facharbeiter: "Von besonderem Vorteil sind die Masken, durch die die jeweils erforderlichen Daten abgefragt werden. Die abgefragten Daten entsprechen dabei den Maschinenfunktionen, wie ich sie von der konven-

tionellen Maschine her kenne. Das, was ich früher an der konventionellen Maschine gemacht habe, das gebe ich nun als Werte ein."

e) Vorstellungen über das Arbeitshandeln als Grundlage des Programmierens

(1) Um die Befunde unserer Untersuchung erklären zu können, bedarf es der Beantwortung von drei Fragen:

- Wie kommt es zu der Skepsis der Facharbeiter gegenüber dem Verfahren der direkten Manipulation?
- Weshalb wird das Programmieren im DIN-Satz mit Programmierunterstützung akzeptiert?
- Was bedeutet die Betonung der Programmierunterstützung, unabhängig ob im DIN-Satz programmiert wird oder ohne DIN-Satzverfahren?

(2) Facharbeiter sind gegenüber dem Verfahren der direkten Manipulation offenbar deshalb skeptisch eingestellt, weil dieses ihrer Arbeitsweise nicht unmittelbar entgegenkommt.

Facharbeiter haben zu Beginn des Programmierens eindeutig ganzheitliche Vorstellungen über die notwendigen Arbeitshandlungen, um aus einem Rohling ein fertiges Werkstück herzustellen. Sie arbeiten gedanklich vor, welche Handlungen die maschinellen Abläufe begleiten werden, d.h., nicht der maschinelle Ablauf selbst wird gedanklich nachgebildet, sondern die Handlungssequenzen, die notwendig sind, um maschinelle Abläufe zu steuern.[18]

Ausgangspunkt ist die Vorstellung von dem fertigen Werkstück. "Ich stelle mir das fertige Produkt als Bild vor. In anderer Weise kann ich gar nicht an die Arbeit herangehen. Ich muß mir das fertige Produkt vorstellen",

18 Diese Handlungssequenzen beruhen auf sinnlicher Erfahrung in vergangenen Ereignissen, sie sind nicht mit den formalen Arbeitsplänen identisch (auch wenn errechnete Pläne und erfahrungsgeleitete Handlungen sich teilweise entsprechen können).

sagt charakteristisch ein Facharbeiter. Von dieser Vorstellung ausgehend, wird dann die Handlungskette aufgebaut, um zu diesem Produkt zu gelangen. Entsprechend fährt der gleiche Facharbeiter fort: "Durch die Vorstellung des ersten bzw. letzten Arbeitsschrittes wird das herzustellende Teil aufgerollt. Ein Umdenken geschieht bei speziellen Problemen, wie z.B. der Passung." Und ähnlich ein anderer Facharbeiter: "Wenn ich die Zeichnung in der Hand habe, stelle ich mir das fertige Werkstück mit meinen inneren Augen vor. Dabei sehe ich das fertige Werkstück, wie es als letztes in die Maschine gespannt wurde. Von dieser Aufspannung her überlege ich mir dann, wie ich den Rohling aufspannen muß, in welchen Schritten, um zu dieser vorhergenannten Aufspannung zu gelangen. Ich weiß dann, an welchen Punkten ich besondere Dinge zu berücksichtigen habe, wie Passung, Gewinde, Einstich usw." Und noch ein anderer Facharbeiter: "Nachdem ich die Zeichnung in der Hand habe, stelle ich mir das Werkstück vor. Ich überlege mir die Aufspannreihenfolge, die entsprechenden Konturanforderungen, sprich: die notwendigen Werkzeuge. Danach gebe ich die notwendigen Daten in die Maschine ein. Besondere Aufmerksamkeit ist bei eventuellen Schwierigkeiten gegeben, die ich ebenfalls aus der Zeichnung bereits ersehen kann." Hervorzuheben ist an dieser Stelle, daß die Vorstellung über einen Gesamtvorgang entsteht: "Durch die Vorgabe der Zeichnung und des Plans stelle ich mir das fertige Teil gedanklich vor. Danach wähle ich die nötigen Werkzeuge aus und übersetzte die Aufgabe der Werkzeuge in die Steuerung. Das alles läuft ab wie im Film."

Der Facharbeiter entwickelt somit verschiedene Vorstellungsbilder, zum einen über das Werkstück, zum anderen über den Vorgang der Werkstückverformung bis zum fertigen Teil und schließlich über Abschnitte bei diesem Vorgang, die einer besonderen Aufmerksamkeit bedürfen.

(3) Die Vorstellungen über den Handlungsablauf entstehen somit nicht additiv, sondern konkretisieren sich von einer Globalvorstellung ausgehend in konkrete Handlungsabschnitte. "Ich teile mir das Werkstück räumlich in Gedanken auf", führt ein Facharbeiter hierzu aus, "dabei stelle ich mir vor meinen geistigen Augen die Ablaufschritte vor. Danach teile ich mir aufgrund der Vorstellungen den konkreten Ablauf ein. So bekomme ich das Gefühl, wie ich es früher an einer konventionellen Maschine hatte. Man muß sich allerdings von Anfang an klar sein, von der ersten bis zur letzten Sekunde, was notwendig ist, man muß vorher alles wis-

sen und festlegen. Es muß alles stimmen. Man kann nicht - wie an der konventionellen Maschine - im Arbeitsprozeß etwas ändern."

Mit diesem Erklärungsansatz wird verständlich, wenn geübte Facharbeiter die automatische Entstehung von Arbeitsplänen nach der Bildung von Konturen skeptisch beurteilen, während sie die Nutzung grafisch unterstützter Dialogverfahren, d.h. die Eingabe von Geometrien zur Berechnung von Konturen in Zusammenhang mit der Festlegung von Bearbeitungsvorgängen eher als förderlich ansehen. Der Aufbau der handlungsbestimmenden mentalen Vorstellungsbilder ist ein aktiver Vorgang. Passive Dialogführung wird als hinderlich erlebt. Programmierunterstützung zum Berechnen und zum Aufruf von Zyklen mit Hilfe grafischer Elemente und Symbole stützt den aktiven Aufbau von mentalen Vorstellungsbildern.

Das Programmierverfahren der direkten Manipulation wird vermutlich dort als Arbeitstechnik Verbreitung finden, wo die Arbeitskraft an der Maschine selbständig keine mentalen Repräsentationen entwickeln muß, sondern auf Standardabläufe, wie sie ihr nachvollziehbar angeboten werden, zurückgreifen kann, d.h. bei Wiederholteilen mit einfachen Konturen. Um diese Standardabläufe zu vermitteln, bedarf es nur des Anlernens von Arbeitskräften.

(4) Bei den handlungsbestimmenden mentalen Repräsentationen über notwendige Arbeitsvollzüge werden offensichtlich verschiedene Merkpunkte berücksichtigt. Diese Merkpunkte entsprechen realen Gegebenheiten, d.h., sie können sich an Geometrieelementen, Symbolen, Begriffen, Buchstaben und Zahlen festmachen. Als Veranschaulichung soll hier ein Beispiel aus dem Straßenverkehr herangezogen werden. Erklärt man einem anderen Autofahrer, wie er eine bestimmte Straße und ein bestimmtes Haus finden soll, fährt man gedanklich eine kognitive Landkarte ab. Dabei orientiert man sich an besonders auffälligen Objekten, an Straßennamen, an erlebten Richtungsänderungen usw. In ähnlicher Weise scheint das Erfahrungswissen des Facharbeiters strukturiert zu sein. Aufgrund seiner Ausbildung und erlebter Arbeitssituationen hat er mögliche Handlungsketten beim Umgang mit Werkzeugmaschinen kennengelernt. Je häufiger er solche Handlungsketten durchlaufen hat, um so mehr baut sich ihm ein implizites Übersichtswissen über das Netz von möglichen Handlungsketten auf. Der geübte Facharbeiter kann sich in diesem Sinne in einem Netz von Handlungsketten frei bewegen. Um eine Handlungskette zu

beschreiten, müssen dem Facharbeiter aber genügend Merkpunkte gegeben sein. Aufgrund dieser Merkpunkte kann er dann strukturelle Analogien bilden, d.h. Ähnlichkeiten mit bereits erlebten Handlungsabfolgen feststellen bzw. Unterschiede "aufdecken" und "ablesen" (vgl. hierzu auch Lennartz 1989). Dementsprechend muß man davon ausgehen, daß mentale handlungsbestimmende Darstellungsbilder über Arbeitsabläufe grundlegend analog repräsentiert sind (vgl. u.a. Steiner 1988, S. 111).

Die Befunde legen nahe, daß geübte Facharbeiter den "Abstraktionsgrad" der mentalen Prozeßvorstellungen steigern können, d.h. visuelle wie auch akustische und taktile Informationen unabhängig von ihrer aktuellen konkreten sinnlichen Erfahrung propositional repräsentieren können. Aus diesem Grunde kann der geübte Facharbeiter auch ohne weiteres das Programmieren im DIN-Satz handhaben. Die ungeübte Arbeitskraft muß sich gleichwohl an Merkpunkten orientieren, die unmittelbarer Wahrnehmung zugänglich sind.[19]

(5) Der Facharbeiter ist darauf aus, um bei der hier dargestellten Metapher zu bleiben, eine Route in einem Netzwerk möglicher Handlungsketten zu finden und zu beschreiben. Alles, was ihn dabei ablenkt, z.B. langwierige Berechnungen, empfindet er deshalb als lästig. Für bestimmte Wegstrecken, die ihm gut bekannt sind, reichen ihm die Anfangs- und Endpunkte. Das erklärt die Vorliebe von Facharbeitern für den Aufruf von Zyklen. Dabei spielt es keine Rolle, ob diese Anfangs- und Endpunkte durch Konturen oder alphanumerische Sätze gebildet werden. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang lediglich, daß die Merkpunkte ausreichen und eine Entsprechung in der Realität haben. Damit können sie Auslöser werden für mentale Suchprozesse (vgl. in diesem Zusammenhang Hänggi 1989, S. 41).

---

19 Nach unseren Befunden kann man auch nicht sagen, daß rein visuelle oder rein semantische Mechanismen Wahrnehmung und Vorstellungsvermögen bestimmen. Die Wahrnehmung ist ein aktiver Vorgang. "Unter natürlichen Bedingungen ist das Wahrnehmen sinnerfüllt und dies nicht wegen der hypothetischen Aktivierung von Schablonen, Prototypen oder sogar Schemata, sondern wegen effektiver Orientierungsstrategien für das jeweilige Material, die zur schnellen und genauen Herauslösung der anforderungsrelevanten Charakteristika geeignet sind. Dabei geht es, kurz gesprochen, um perzeptive Handlungen" (Velickovskij 1988, S. 136). Wahrnehmung ist eine Tätigkeit bei der Aufschlüsselung und Anpassung an die Umwelt (vgl. hierzu auch Rose, Golinski 1989).

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

(6) Unsere Befunde ergeben weiter, daß neben den Merkpunkten, aus denen handlungsbestimmende mentale Repräsentationen zusammengesetzt sind, auch Orientierungspunkte[20] eine bedeutende Rolle spielen, mit denen handlungsbegleitende mentale Repräsentationen für bestimmte Abschnitte bei der Bearbeitung gebildet werden können. Durch sie erhält der Facharbeiter Aufschluß über Rechnerleistungen ebenso wie über Bearbeitungszustände an der Maschine. Über die Rechnerleistungen möchten einige geübte Facharbeiter mehr wissen. Dazu ein Facharbeiter: "Die Maschine wird durch mich zu annähernd 90% ausgelastet, jedoch nicht der Rechner, da man im allgemeinen zu wenig weiß, was er kann."

Durchweg wird auf die Bedeutung von Orientierungspunkten zur Zustandsbewertung von Bearbeitungsvorgängen eindringlich hingewiesen. Während der Bearbeitung orientieren sich die Facharbeiter überwiegend an solchen Punkten. "Wenn man solange an einer Maschine gearbeitet hat, da weiß man, was richtig ist und was falsch ist. Das sieht man an der Bearbeitung. Das ist das, was das Praktische dem Theoretischen voraus hat. Man sieht die Zahlen und Späne und schaut auch noch gleichzeitig das Werkstück an." Die Orientierungspunkte können dabei sowohl definierbare Signalreize, Symbole, Zeichen oder grafische Formen sowie auch daraus zusammengesetzter Muster oder Schemata u.a. sein. Wichtig ist aber vor allem eine zweite Gruppe von Orientierungspunkten, die sich weniger exakt definieren lassen. Zu diesen gehören Gestalten oder komplexe Figuren, differenzierte Bildfolgen, Fließbilder, Texturen, Schattierungen und Kontraste, ebenso Klangbilder aus Haupt- und Hintergrundgeräuschen, schließlich auch Vorstellungsbilder über Bewegungs- und Prüffolgen.[21] Dieser Aspekt wird in den folgenden beiden Abschnitten zur Technologiebeherrschung noch weitgehend erläutert.

---

20 Die hier vorgetragenen Überlegungen über mentale Repräsentationen, Merkpunkte und Orientierungspunkte bedürfen weiterer theoretischer Durchdringung. Zum Zeitpunkt der Untersuchung schien es sinnvoll, Merkpunkte als intern im Gedächtnis und extern speicherbar und nachvollziehbar zu kennzeichnen, während Orientierungspunkte je nach den aktuellen Bedeutungszusammenhängen gebildet werden, also im Zeitverlauf nicht immer nachvollziehbar wechseln und sich verändern können.

21 Vgl. Rose, Golinski 1989 über dissipative Wahrnehmungsprozesse sowie die Unterscheidung zwischen objektivierendem und subjektivierendem Handeln bei Böhle, Milkau 1988.

f) Konsequenzen für die Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken

(1) Qualifizierte Facharbeiter in der Werkstatt sind fähig, mit jedem an einer Maschine einsetzbaren Programmierverfahren effizient Programme zur Maschinensteuerung zu erstellen. Allerdings bestehen erhebliche Unterschiede in der Aneignungszeit. Die Aneignungszeit für die praktische Beherrschung des Programmierens im DIN-Satz dauert bis zu einem Jahr bei direkter Eingabe, bei menügesteuerter Programmierung mit Programmierunterstützung wird sie demgegenüber kürzer, sie sinkt bei menügesteuertem Programmieren mit Geometrieelementen und Klartext für die Programmerstellung von Wiederholteilen auf bis zu sechs Wochen.

(2) Für den erfahrenen Facharbeiter kommt es vor allem darauf an, daß er die Methode des Programmierens selbst wählen kann, also direkte Eingabe von Sätzen ebenso wie grafik- und klartextunterstützte Eingabe von Geometrie- und Technologiedaten. Dann nämlich wird er beim Abruf bzw. Aufbau mentaler Repräsentationen technisch unterstützt. Günstig sind daher Verfahren, die unterschiedliche Eingabe- und Dialogtechniken anbieten, die je nach Bedarf genutzt werden können. Für Facharbeiter, die sich in CNC-Technik einarbeiten wollen, ist das menügesteuerte Programmieren ein empfehlenswerter Einstieg, dem, sofern nötig, das Kennenlernen des DIN-Satzes folgen kann.

(3) Für den Facharbeiter sind Programmerstellung und Einfahren eine ganzheitliche produzierende Tätigkeit. Um sie durchführen zu können, baut der Facharbeiter handlungsbestimmende mentale Repräsentationen über die geeigneten Arbeitsvollzüge zur Herstellung eines Werkstückes auf und ergänzt diese im Verlauf seiner Tätigkeit durch weitere handlungsbegleitende mentale Repräsentationen zur Zustandserfassung und -bewertung von Bearbeitungsprozessen. Gedankliches Vorstellen und Wahrnehmen sind für den Facharbeiter aktive Vorgänge.

(4) Facharbeitergerechte Programmierverfahren sollten dem Aufbau handlungsbestimmender und handlungsbegleitender mentaler Repräsentationen dienlich sein, indem sie dem Facharbeiter die aktive Festlegung von Bearbeitungsschritten, Auswahl von Werkzeugen und die Eingabe von Geometrie- wie Technologiedaten überlassen und ihn von zusätzlichen

Aufgaben entlasten, die für seine Arbeit nicht bestimmend sind (vgl. hierzu auch Martin u.a. 1989).

- Entlastend wirken die Übernahme von Maß- und Konturberechnungen, der Aufruf von Zyklen, möglichst direkt und ohne umständliches Blättern anhand der Eingabe von Geometrieelementen oder im Klartext.

- Entlastend wirkt auch der aktive Zugriff auf Arbeitsplan- und Werkzeugdateien, möglichst ohne umständliche Suche, und zwar durch Masken oder Menüs, die vom Facharbeiter definiert werden.

- Entlastend wirken Plausibilitätskontrollen und Kollisionsüberwachung durch die Steuerung.

- Entlastend wirkt ebenfalls, wenn der Facharbeiter beim Aufbau mentaler Repräsentationen ihm bedeutsame Orientierungspunkte verwenden kann, die Auskünfte zur Zustandsbewertung maschineller Prozesse gestatten. Neben sensorischen bzw. meßtechnischen Prozeßdaten sind hier vor allem weitere Informationsquellen wie Geräusch-Bilder und Einsichtnahme in den Arbeitsraum der Maschine, wenn nicht anders möglich, durch Technik vermittelt wesentlich. Der Handhabung der Technologieunterstützung und Prozeßkontrolle kommt deshalb eine erhebliche Bedeutung für das Programmieren zu (ausführlich hierzu die Abschnitte 5. und 6.).

- Programmkorrekturen sollten ebenfalls unterschiedlich möglich sein, beispielsweise über Geometrieelemente und Klartext, ebenso wie durch Ändern von einzelnen DIN-Sätzen, möglichst direkt und ohne umständliches Blättern.

5. Programmieren mit Technologie-Unterstützung

(1) Ein Schwerpunkt der bisherigen Entwicklung facharbeitergerechter Programmierverfahren liegt auf der Geometriebeherrschung sowie auf unterstützenden Dialogtechniken beim Programmieren, wie sie zuvor beschrieben wurden (grafische Simulation, Berechnung von Konturen). Es zeichnet sich ab, daß in der weiteren Entwicklung die Technologie-Unter-

stützung an Bedeutung gewinnen wird (vgl. hierzu den Beitrag von Dünnwald in diesem Band). Dies umfaßt Vorgaben sowie Berechnungen hinsichtlich Spanungsdaten (Werkzeugform, Schneidstoff, Schnittdaten) in Abhängigkeit vom jeweiligen Bearbeitungsfall (Werkstoff, Form des Werkstücks, Einspannverhältnisse, Maschinendaten), ebenso wie Vorgaben für die Bearbeitungsschritte und -folgen. Als exemplarisch hierfür kann die Darstellung der Kriterien für facharbeitergerechte Programmierverfahren bei Hekeler herangezogen werden (Hekeler 1988). Die von ihm dargestellte Perspektive richtet sich auf eine "volle Technologieunterstützung, d.h. automatische Ermittlung aller Spanungsdaten ... in Abhängigkeit vom jeweiligen Bearbeitungsfall ... anstelle Abruf einiger gespeicherter und nur werkstoffabhängiger Schnittdaten" (ebd., S. 4). Diesbezüglich entwickelte technische "Hilfen" sind insbesondere Technologieprozessoren, deren (erweiterte) Leistungsfähigkeit und Einsatz z.B. wie folgt beschrieben werden: "Ohne in Tabellen nachschlagen oder zuvor Spanungsversuche durchführen zu müssen, werden praxisgerechte Schnittdaten als bestgeeignete Kombination aller für einen Bearbeitungsfall maßgeblichen Faktoren errechnet. Hierzu werden vom Technologieprozessor automatisch die bei der Werkstückprogrammierung eingegebenen und vom IPS errechneten Daten übermittelt. Der Technologieprozessor berücksichtigt dabei maschinenspezifische Daten (u.a. Leistung, Drehzahlbereiche, zulässige Vorschubkräfte, maximale Bahngeschwindigkeit), die Einspannsituation und die Stabilität von Werkstück und Werkzeug sowie weitere Faktoren und errechnet die Eingriffszeit pro Werkzeug. Der Bediener kann auch eigene Erfahrungswerte vorgeben, die jedoch geprüft und ggf. korrigiert werden. Wünscht er beispielsweise eine Schnittiefe von 8 mm, überprüft der Technologieprozessor, ob diese Schnittiefe in Abhängigkeit von der Schneidegeometrie, der Schneidekantenlänge, der Antriebsleistung, der Einspannung und der Stabilität zulässig ist. Werden Grenzwerte über- oder unterschritten, wird der zuvor errechnete Vorschub reduziert, um die Schnittkraft in den erlaubten Grenzen zu halten. Bei Unter- oder Überschreitung solcher Grenzwerte wird eine Warnung ausgegeben und angezeigt, welche Grenzwerte zur Korrektur der Schnittdaten führten" (ebd., S. 7).

(2) Abgesehen von der technischen Realisierbarkeit, wird hiermit offenbar ein "neuralgischer" Punkt der Tätigkeit von Facharbeitern an CNC-gesteuerten Maschinen berührt. Facharbeiter sehen gerade im Wissen über Technologiedaten ihr grundlegendes "Kapital", das durch technische Hil-

fen nach ihrer Auffassung nicht ersetzt werden soll und kann. Gleiches gilt für die Festlegung von Bearbeitungsschritten und -folgen. Lediglich in abgespeicherten Zyklen, die als Unterprogramm abgerufen werden, sieht man Vorteile.

Ausschlaggebend hierfür ist, daß gerade bei der Technologiebeherrschung das Erfahrungswissen der Facharbeiter zum Tragen kommt. Berührt wird damit nicht nur ein wesentlicher Bestandteil der Qualifikation von Facharbeitern und ihre berufliche Identität; ebenso werden damit maßgebliche Effekte der Werkstattprogrammierung sowie des Einsatzes von Facharbeitern an CNC-Maschinen (optimale Auslastung der Maschinen, Vermeidung von Störungen usw.) tangiert.

Insbesondere drei Aspekte der Arbeit an CNC-Maschinen spielen hier eine Rolle: die Bedeutung eines individuellen, erfahrungsgeleiteten Vorgehens beim Programmieren ("persönlicher Arbeitsstil"); die erfahrungsgeleitete Anwendung von Technologiedaten sowie die Notwendigkeit zur beständigen Erneuerung und Vertiefung des Erfahrungswissens in der betrieblichen Praxis.

a) Persönlicher Arbeitsstil

(1) Bei externer Programmierung empfinden es Facharbeiter als belastend, daß sie sich den in der AV erstellten Programmen anpassen müssen. Trotz nachträglicher Optimierung und ggf. Korrekturen muß bei externer Programmierung der Facharbeiter dem vorgegebenen Bearbeitungsablauf folgen. Wie gezeigt (vgl. Abschnitt 2., a)), sehen demgegenüber die Facharbeiter in der Werkstattprogrammierung den Vorteil, daß sie ihre eigenen Erfahrungen besser berücksichtigen können; dies betrifft speziell auch die Vorgehensweise bei der Bearbeitung. Dabei spielen besondere Gegebenheiten an den Maschinen ebenso eine Rolle wie individuell entwickelte Vorgehensweisen, die sich als zeitsparend und wirtschaftlich erwiesen haben oder/und bei denen man sich sicher fühlt und die der eigenen Arbeitsweise und Arbeitsplanung insgesamt entsprechen. "Wenn zwei das gleiche Werkstück bearbeiten, dann entsteht nicht das gleiche Programm;" oder: "Der eine geht vorsichtiger vor, der andere riskiert mehr", sind hierzu typische Aussagen. Exemplarisch sind auch Schilderungen wie: "An der CNC-Maschine spielt die Aufspannung eine enorm

große Rolle, da durch wenige Aufspannungen sehr viel Zeit gespart werden kann; häufig aufzuspannen, ist wirtschaftlich von Nachteil." Gleichwohl kann hieraus z.B. keine generelle Regel abgeleitet werden. Eine solche Bearbeitungsstrategie kann in Konflikt geraten mit Werkzeugwahl und Werkzeugverschleiß, oder es müssen risikoreiche Bearbeitungsschritte gewählt werden, die im konkreten Fall dem hiermit befaßten Facharbeiter nicht sinnvoll erscheinen.

(2) Aus diesen Gründen werden Programmierverfahren und -systeme abgelehnt, durch die eine bestimmte Bearbeitungsfolge vorgegeben wird (bzw. würde). Man sieht hierin keine Hilfe, sondern eher eine Behinderung: Bei den in unsere Untersuchung einbezogenen Programmierverfahren wurde entsprechend positiv vermerkt, daß die Bearbeitungsfolgen und -strategien nicht vorgegeben werden. Skeptisch und eher ambivalent wurden dagegen Verfahren beurteilt, bei denen das Programmiersystem Vorschläge macht, aus denen ausgewählt bzw. die abgelehnt oder modifiziert werden können. Solche "Vorschläge" schränken zwar die individuelle Arbeitsweise nicht grundsätzlich ein; sie werden von den Facharbeitern aber als überflüssig und teilweise auch als Behinderung angesehen, da es für sie einfacher ist, ihre Vorstellungen direkt einzugeben.[22] Solche Einschätzungen finden sich am ausgeprägtesten bei Facharbeitern, die bereits Erfahrungen an der CNC-Maschine und im Programmieren haben.

(3) Des weiteren wurde auf Einschränkungen hingewiesen, die sich bei Programmiersystemen ergeben, die einerseits zwar mit einer Reihe von sog. Programmierunterstützungen durch Dialogverfahren mit Grafik oder Klartext ausgestattet sind, die andererseits aber in ihrer Leistungsfähigkeit beschränkt sind. Exemplarisch hierfür die Aussage: "Man muß wissen, was kann die X. Es gibt Dinge, da kann man tagelang 'rummachen, die gehen nicht".[23] Als Beispiel wird angeführt, daß "ein Einstich mit dem X-Verfahren" länger und schwieriger und mit großen Fehlerquellen verbunden ist. Entsprechend hat man hiermit "schlechte Erfahrungen gemacht." Positiv

22 Vorschläge der hier angesprochenen Art, z.B. hinsichtlich der günstigsten Werkzeugform des abzuspanenden Bereichs am Werkstück sowie An- und Abfahrbewegungen, sind z.B. Bestandteil der Traub-IPS-Steuerung (vgl. Hekeler 1988, S. 7).

23 Es handelt sich in diesem Fall um die Steuerung Traub-IPS mit Geometrieeingabe.

wird dementsprechend die Option zwischen verschiedenen Verfahren eingeschätzt: "Ich fange mit der X an. Wenn ich sehe, daß es nicht geht, gebe ich in Z ein";[24] oder: "Ob ich mit X arbeite oder das Z verwende, kommt auf den Umfang der Konturbeschreibung an, da die Eingabe der Geometrie beim X einfacher ist als beim Z".

(4) Auch in Gesprächen mit Herstellern über die Entwicklung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken wurde auf das Problem verwiesen, daß Hilfen beim Programmieren und insbesondere die Ausschaltung von Fehlermöglichkeiten immer auch mit der Gefahr verbunden sind, daß hiermit Entwicklung und Anwendung individuell erfahrungsgeleiteter Vorgehensweisen eingeschränkt werden (bzw. werden können). Die Berücksichtigung des Erfahrungswissens der Facharbeiter und seine Nutzung beinhalten somit z.B. auch, daß man den Facharbeitern die "Freiheit" zugestehen muß, Fehler zu machen; ebenso bedeutet eine facharbeitergerechte Auslegung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken nicht allein, daß sie möglichst "einfach" zu handhaben ist. In letzter Konsequenz würde dies ja bedeuten, daß Programme weitgehend "automatisch" erstellt werden, und die Option der Arbeitskräfte nur darin besteht, jeweils einige Grundinformationen einzugeben. Dies mag in der Perspektive "künstlicher Intelligenz" und der Entwicklung entsprechender "Expertensysteme" durchaus als eine Herausforderung erscheinen. In der Praxis ist hier jedoch eher Skepsis angebracht. Gründe hierfür liegen nicht nur in Grenzen der "Objektivierbarkeit" der in dem Erfahrungswissen der Facharbeiter akkumulierten Kenntnisse; Erfahrungswissen muß vielmehr auch laufend erneuert und an veränderte Gegebenheiten, wie neue Materialien und Schneidstoffe, angepaßt werden. Besonders deutlich zeigt sich dies bei der Festlegung der Technologiewerte.

b) Freie Wahl von Technologiedaten

(1) Sehr dezidiert wird von den Facharbeitern eine automatische Vorgabe von Technologiedaten (Drehzahl, Vorschub, Werkzeug etc.) abgelehnt. Typisch die Aussage: "Für einen Neuanfänger wären abrufbare Vorschläge vielleicht hilfreich. Ich aber würde das nicht machen, einem abgerufenen

24 Angesprochen wurde hiermit die Steuerung Traub-TX8-D, die auf DIN-Satz-Programmierung beruht.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Wert zu folgen, ich würde den Vorschlag nicht annehmen." Der allgemeine Tenor ist: "Einem Technologiedatenvorschlag würde ich nicht folgen. Das wäre für mich keine Erleichterung, das finde ich nicht gut." So richtet man sich auch schon bislang kaum nach Werten, die in Tabellen vorgegeben sind. "Eigentlich richte ich mich nicht nach der Schnittwerttabelle. Ob das Werkzeug richtig spant, ist eine Erfahrungssache." Und ähnlich: "Technologiedaten werden auch durch den Hersteller der Werkzeuge vorgegeben. Dies sind allerdings nur Ausgangswerte, die man annehmen kann, die man aber in jedem Fall verändern und optimieren muß."

(2) Die Beherrschung der Technologie ist ein wichtiger Bestandteil der Qualifikation von Facharbeitern, auf die sich auch die Interessantheit ihrer Arbeit gründet. Typisch hierfür die Aussage: "Ein bißchen soll der Mann auch noch denken." Gleichwohl sind es aus der Sicht der Facharbeiter vor allem technische, im Bearbeitungsprozeß liegende Gründe, die dazu führen, daß eine Vorgabe von Technologiedaten durch Technologieprozessoren abgelehnt wird. Die Facharbeiter bezweifeln, daß die auf diese Weise erstellten Technologiedaten den konkreten Erfordernissen der Praxis entsprechen. "Eine Technologiedatenvorgabe hätte nur dann Sinn, wenn ich mich vollkommen auf die Werte verlassen kann und das Werkzeug entsprechend verfahren kann" - so z.B. die Aussage eines Facharbeiters, und er fügt hinzu: "Da aber aus meiner Erfahrung zuviele Parameter eine Rolle spielen, sehe ich dieses Vertrauen in die vorgegebenen Technologiedaten nicht." Man zweifelt daran, ob ein Technologieprozessor überhaupt in der Lage ist, die relevanten und vielfältigen Daten adäquat zu berücksichtigen und dadurch das Erfahrungswissen zu ersetzen. Typisch hierfür die Aussage: "Ein Technologieprozessor ist nicht sinnvoll, da ich am besten weiß (vom Gefühl her, den Schwingungen der Maschine, dem Gehör, der Aufspannung), welche Schnittgeschwindigkeit in dieser ganz speziellen Bearbeitungsart der entsprechenden Kontur am idealsten ist." Und ähnlich: "Da spielen so viele Faktoren eine Rolle. Das Spannen, das Werkzeug, das Material, die Maschine usw. Der kritische Punkt wird durch Austesten herausgefunden."

(3) Schließlich wird betont, daß gerade die Technologiedaten laufend der Praxis angepaßt und verändert werden müssen und es dementsprechend kaum möglich ist, bestimmte Werte zu fixieren. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Das Optimieren muß auch bei alten Teilen, deren Programme schon geschrieben wurden und das richtig gelaufen ist, stets er-

neuert werden. Denn es hängt vor allem an der Neueinstellung der Werkzeuge, die nie vollkommen maßgenau eingestellt sind. Solche Sachen kennt man nur vom Einfahren her. Es werden auch stets neue Erfahrungen gemacht, da auf dem Sektor der Schneidplattenmaterialien immer weitere Neuerungen erfolgen, wie auch beim Schneidwinkel. Darauf müssen die Technologiedaten immer neu eingestellt werden."

c) Erfahrung als Grundlage für die Technologiebeherrschung

(1) In dem vorhergehenden Abschnitt wurde bereits mehrfach auf die Bedeutung der konkreten Erfahrungen an der CNC-Maschine für das Programmieren hingewiesen (vgl. Abschnitte 2. und 3.). Hier ist zu ergänzen und zu präzisieren, daß speziell für die Festlegung von Technologiedaten Erfahrungen an der Maschine die zentrale Grundlage sind und von den Facharbeitern als unverzichtbar angesehen werden. Durchweg wird das notwendige Wissen mit Begriffen umschrieben, die die Rolle "subjektiver" Erfahrungen und Einschätzungen ebenso wie "situationsspezifische" Gegebenheiten unterstreichen. Es sei versucht, die Formen, in denen dieses Erfahrungswissen erworben wird, etwas genauer zu umreißen. Damit wird auch präziser erkennbar und nachvollziehbar, worauf sich Facharbeiter bei ihrem Mißtrauen gegenüber vorgegebenen und technisch errechneten Technologiedaten stützen.

(2) Vor allem Facharbeiter, die an konventionellen Maschinen gearbeitet haben, schätzen die hier gewonnenen Erfahrungen ebenso wie die Erfahrungen bei der (unmittelbaren) manuellen Bearbeitung als unverzichtbar ein. Betont wird die Entwicklung eines "gefühlsmäßigen" Wissens, d.h. das "richtige Gefühl" für Material und Werkzeug, das auch an der CNC-Maschine notwendig ist. Exemplarisch hierfür die Aussage: "Das konventionelle Drehen ist notwendig, um das Gefühl für den Stahl zu bekommen. Erfahrungen mit dem Stahl, seinem Widerstand, werden an der konventionellen Drehmaschine gemacht." Betont wird: "Erfahrungen kann ich an der CNC-Maschine nicht so machen wie an der konventionellen. Man muß erst einmal ein Gefühl für Werkstoffe bekommen. Das erfährt man nur durch unmittelbares Abspanen, wie beispielsweise dem Feilen. Dadurch bekomme ich mit, was harte, weiche bzw. spröde Werkstoffe sind, wie sie reagieren. Was man selbst in der Hand hat, lernt man besser, als wenn man es machen läßt." Solche Einschätzungen von Facharbeitern ebenso

wie von Mitgliedern des betrieblichen Managements (insbesondere Vorgesetzten auf Produktionsebene und Ausbildern) sind mittlerweile mehrfach dokumentiert; sie brauchen daher nicht weiter ausgeführt werden (Böhle, Milkau 1988).

Gleichwohl ist in der Praxis wie auch in der Wissenschaft umstritten, ob und in welchem Umfang Erfahrungen an konventionellen Maschinen grundsätzlich notwendig sind, und ob entsprechende Erfahrungen auch an CNC-Maschinen gemacht werden können (bzw. müssen). Unsere Befunde zeigen hier ebenfalls kein eindeutiges Bild. Jedoch war die Meinung vorherrschend, daß in jedem Fall auch an CNC-Maschinen Erfahrungen über die Bearbeitungsprozesse, das Material, die Werkzeuge und die Wirkungsweise der Maschinen gemacht werden können und müssen. Auch bei einer vorangegangenen Tätigkeit an konventionellen Maschinen muß an CNC-Maschinen das Erfahrungswissen vertieft und ergänzt werden. Bereits in Abschnitt 3. haben wir - in Zusammenhang mit der Beurteilung eines Record-Playback-Verfahrens - einige Unterschiede zwischen konventionellen Maschinen und CNC-gesteuerten Maschinen angeführt (höhere Geschwindigkeit und Belastbarkeit, höhere Leistungsfähigkeit der CNC-Maschinen). Sie lassen sich noch durch eine Reihe weiterer Aspekte ergänzen (Werkzeugeinsatz, gleichzeitige Steuerung der verschiedenen Achsen etc.).[25] Im folgenden sei etwas genauer umrissen, in welcher Weise Facharbeiter an CNC-Maschinen Erfahrungswissen erwerben (bzw. bislang erworben haben).

(3) Facharbeiter an konventionellen Maschinen betonen, daß sie ihr Erfahrungswissen vor allem durch "Experimentieren" erworben haben. Dies umgreift schrittweises Austesten der Leistungsfähigkeit der Maschine ebenso wie die Entwicklung unterschiedlicher Vorgehensweisen etc. Auch an CNC-Maschinen wird dies als eine wichtige Voraussetzung zum Erwerb notwendigen Erfahrungswissens eingeschätzt. Es muß möglich sein, Dinge auszuprobieren und auch - ebenso wie an konventionellen Maschinen - Fehler zu machen. Beides darf durch die betriebliche Arbeitsorganisation und/oder die Beurteilung durch Vorgesetzte nicht - wie vielfach der Fall - aus Kostengründen, Zeitökonomie usw. behindert und erschwert werden. Ferner wird vor allem durch die Programmierung an der Maschine nicht

25 Vgl. hierzu auch - speziell unter dem Aspekt der Qualifikationsanforderungen - die Darstellung bei Krogoll u.a. 1986.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN

nur die Nutzung, sondern auch die Vertiefung von Erfahrungswissen begünstigt (vgl. Abschnitt 2.). Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Ich habe durch Fehler gelernt. Wenn etwas kaputtgegangen ist durch Fehlersuche oder dadurch, daß ich den Ablauf verkehrt gemacht habe oder eine falsche Reihenfolge gewählt hatte ... ." Und ähnlich: "Meine Erfahrung habe ich durch Ausprobieren gelernt und auch aus Fehlern. Ich habe auch versucht, durch das Programmieren andere Möglichkeiten der Fertigungsreihenfolge auszuprobieren."

Auch Facharbeiter, die zuvor an konventionellen Maschinen gearbeitet haben, betonen zwar einerseits: "Jeder, der an einer CNC-Maschine arbeitet, sollte Erfahrungen an einer konventionellen Maschine gemacht haben, da er dort mehr Gefühl für Werkzeuge und Werkstücke bekommt." Sie schließen andererseits aber nicht aus, daß man die notwendigen Erfahrungen auch an der CNC-Maschine gewinnen kann. Unverzichtbare Voraussetzung hierfür ist (bzw. wäre) aber: "Dazu bedarf es jedoch des Ausprobierens von Werkzeugen bei unterschiedlichen Materialien. Nur so macht man wirkliche Erfahrung, durch Probieren und Testen. Ein Beispiel hierfür wäre, daß der Facharbeiter 20 bis 30 Werkzeuge zur freien Auswahl an seiner Maschine stehen hat und diese nach Belieben verwenden kann."

(4) Oft sind es bestimmte Ereignisse, die beim Testen oder auch beim "normalen" Vorgehen unvorhergesehen auftreten, die im Gedächtnis bleiben, an die man sich erinnert und aus denen sich Erfahrungswerte ergeben. Typisch hierfür etwa die Schilderung: "Die Erfahrung bildet sich durch Ausprobieren, wenn etwas passiert, ein unvorhergesehener Vorfall, so bleibt das im Gedächtnis. Beim nächsten Mal paßt man dann besonders auf und verändert entsprechend die Technologiedaten." Und ähnlich die Schilderung: "Die Erfahrung habe ich durch Vorfälle gewonnen, die eine Verbesserung der Werkstückgüte zur Folge hatten. Ich verwende z.B. für das Überdrehen eines V2A 4541 die Technologiedaten von Aluminium 4305, das ist ein Erfahrungswert. Diese Erfahrung, V2A mit Aluminium zu überdrehen, verdanke ich einem "dummen Zufall", an den ich mich wieder erinnere, wenn ich dieses Material zu bearbeiten habe."

(5) Auch wenn die Bearbeitungsprozesse programmgesteuert ablaufen, ist eine direkte "manuelle" Steuerung möglich und notwendig. In Abschnitt 6. werden wir darauf ausführlicher eingehen. Hier ist festzuhalten, daß gerade auch durch solche direkten Eingriffe in den Bearbeitungsprozeß,

durch die z.B. Vorschub und Drehzahl verändert werden können, Facharbeiter Erfahrungswissen über Technologiewerte erwerben. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Erfahrungen zu Technologiedaten habe ich hauptsächlich im Automatik-Betrieb gemacht, über Geschwindigkeit von Drehzahl und Vorschub. Sie können auch während der Bearbeitung verändert werden. Während der Bearbeitung des ersten Werkstücks kann ich noch Optimierungseingaben vornehmen. Ich lerne somit die kritischen Stellen besser kennen. Das ist beispielsweise die Vibration des Werkzeugs aufgrund des Spannwerkzeugs, das höre ich dann vom Klang." Vor allem für den Erwerb von Erfahrungswissen über die Wirkungsweise der Maschine ist die direkte Steuerung wichtig und hilfreich. Typisch hierfür die Aussage: "Das Gespür für die CNC-Maschine erlangt man über den Override-Geschwindigkeitsregler."

(6) In einigen Fällen wurde auch die Beteiligung am Austesten von Prototypmaschinen und die Durchführung von Reparaturen als eine wichtige Erfahrungsquelle, insbesondere über die Wirkungsweise der Maschinen, herausgestellt. Auffallend war, daß hier von dem Facharbeiter betont wurde, daß es gerade die "intimen Kenntnisse" seiner Maschine sind, die es ihm ermöglichen, den Aufwand für das nachträgliche Optimieren zu reduzieren; ferner befähige ihn dies dazu, Störungen (beim programmgesteuerten) Bearbeitungsprozeß frühzeitig zu erkennen und rechtzeitig zu reagieren.[26]

Von anderen Facharbeitern wurden Erfahrungen zur Wirkungsweise der Maschinen ebenfalls als wichtig eingeschätzt; es wurde zudem auch bemängelt, daß man zuwenig Kenntnisse in der Elektronik habe und die Reparatur der Maschinen nicht zum Aufgabenbereich der Facharbeiter an den Maschinen zähle. Allerdings sind die Aussagen hierzu ambivalent,[27] teils auch weil entsprechende Erfahrungen fehlen und man sich bereits an

---

26 Vgl. auch Wiendahl, Springer 1986, die davon ausgehen, daß Facharbeiter eine Grundlast von Störungen beheben können, und hierdurch die Anzahl der durch Fachkräfte zu behebenden Störungen gesenkt werden kann sowie Stillstandszeiten verkürzt werden.

27 Offenbar werden von einer Anzahl von Facharbeitern Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten nicht zum "eigentlichen" Aufgabenkreis gezählt, so, wie bereits erwähnt, auch die Erstellung von Zeichnungen. Derartige Muster, was noch zu den Aufgaben des Facharbeiters zählt und was nicht, sind tief verwurzelt und nicht allein funktionell bestimmt.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

den bestehenden Zustand gewöhnt hat. So finden sich Aussagen wie: "Mir reicht es, daß die Maschine funktioniert, daß sie macht, was ich erwarte. Ich muß nicht alles kennen - begreifen"; ebenso wie: "Wenn man das alles wissen könnte, was in der Elektronik vorgeht, wie sie funktioniert und das selber beheben könnte, hätte man noch mehr Vertrauen in die Maschine." Festzuhalten ist jedenfalls, daß, wenn "intime" Kenntnisse der Maschine vorhanden waren, dies von den Arbeitskräften als eine zentrale Grundlage für die Erstellung optimaler Programme eingeschätzt und entsprechende positive Effekte auch von Vorgesetzten bestätigt wurden.

d) Konsequenzen für die Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungen

(1) Erfahrungswissen bei der Festlegung der Technologiedaten wird von den Facharbeitern als unerläßlich eingeschätzt. Der generelle Tenor ist: "Die Kreativität und die Erfahrung des Facharbeiters bleiben notwendig, gleichgültig, an welcher Maschine gearbeitet wird und wer programmiert." Auch in ingenieurwissenschaftlichen Untersuchungen finden sich Argumente, die dies bekräftigen. Exemplarisch hierfür die Feststellung: "Die komplexe Werkstoffbeanspruchung und die Wechselwirkungen zwischen dem Prozeß und den Prozeßelementen - Werkstück, Werkzeug und Werkzeugmaschine - schränken die Planungsgenauigkeiten und Prozeßsicherheit in der Fertigungstechnik ein. Für umformende und spanende Prozesse stehen hinreichend genaue Modelle - die auch den Anforderungen der Betriebspraxis genügen - bis heute nicht zur Verfügung, so daß die Prozeßplanung und -überwachung auf der Grundlage empirischer Zusammenhänge im wesentlichen mit Hilfe von Expertenwissen und den daraus resultierenden Entscheidungen durchgeführt werden können." "Auch wenn partiell Berechnungen beispielsweise von Prozeßkräften ... möglich sind, liegt die Entscheidung über die endgültige Festlegung der Prozeßparameter ausschließlich beim menschlichen Experten" (Warnecke, Mertens 1988, S. 559). Und dementsprechend die Konsequenz: "Aufgrund ... der nicht determinierbaren Werkstoffeinflüsse sowie des dynamischen und instationären Prozeßverhaltens ist es nicht möglich, den Zerspanprozeß, damit die Zerspanbarkeit, in Form eines geschlossenen theoretisch oder empirisch abgesicherten Modells zu beschreiben, das die grundlegenden Werkstoffeigenschaften in Abhängigkeit von den Zerspanbedingungen

allgemeingültig und mit ausreichender Vorhersage zuverlässig darstellt" (vgl. ebd., S. 561).

Solche Erkenntnisse bekräftigen, daß es sich bei den zuvor wiedergegebenen Einschätzungen von Facharbeitern nicht um bloße "Technikfeindlichkeit" oder um die Kontrolle und die Verteidigung ihres speziellen "Erfahrungswissens" zur Absicherung ihrer beruflichen Position handelt. Zwar ist die Beherrschung der Technologiedaten bislang ein wichtiger Bestandteil der Qualifikation von Facharbeitern und Basis ihrer beruflichen Identität, ihres "Selbstwertgefühls"; es wäre jedoch falsch und auch höchst gefährlich, die Ablehnung und Skepsis gegenüber Technologievorgaben (bzw. die automatische Berechnung von Technologiedaten) allein hierauf zurückzuführen. Gleiches gilt für die Annahme, es handele sich hier nur um den aktuellen Zwischenstand der Entwicklung, und es sei letztlich nur eine Frage der Zeit, sprich weiterer technischer Entwicklungen, die eine Automatisierung ermöglichen.

(2) Entscheidend scheint uns nicht die Frage, ob die Ermittlung von Technologiedaten technisch unterstützt werden soll und kann; wesentlich ist vielmehr, welches Ziel damit verfolgt wird, und in welcher Weise dabei das Erfahrungswissen der Facharbeiter berücksichtigt wird. So spricht sicherlich nichts dagegen, Facharbeiter bei der Wahl von Technologiedaten zu unterstützen und ihnen Hilfsmittel in die Hand zu geben, soweit sich dies auf Werkzeug-, Werkstoff- oder Spannmitteldateien und Angaben seitens der Hersteller usw. bezieht. Dialogtechniken für Suchprozesse in nicht transparenten Dateien wären hier angebracht. Auch Hilfen bei der Durchführung von Berechnungen zur Kombination vom Facharbeiter bestimmbarer Parameter können im konkreten Fall sinnvoll sein. Sie unterstützen den Facharbeiter in der Praxis aber nur dann, wenn für ihn die Option bleibt, überhaupt solche Hilfen zu nutzen bzw. als Orientierungs- und Ausgangswerte hierauf zurückzugreifen.

Dies besagt zweierlei: Nach unseren Befunden betrachten es Facharbeiter nicht als Hilfe, wenn grundsätzlich Technologiedaten vorgeschlagen (bzw. errechnet) werden und sie dann jeweils entscheiden müssen (bzw. können), ob sie diese annehmen oder nicht. Dies wird als umständliches Verfahren angesehen, da sie die vorgeschlagenen Daten ohnehin nicht als ausreichend und zuverlässig ansehen. Eine Hilfe sind daher solche Verfahren nur dann, wenn nicht das System vorschlägt, sondern umgekehrt der Fach-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

arbeiter je nach Bedarf einen Vorschlag abfragen oder Berechnungen durchführen lassen kann.

Dies mögen auf den ersten Blick geringfügige Differenzen sein, sie sind dies jedoch nicht in der Praxis. Es ergeben sich nämlich jeweils unterschiedliche Gewichtungen im Verhältnis zwischen Mensch und Maschine. Schlägt das System vor, wird dem Bediener grundsätzlich eine eher reagierende Rolle zugeschrieben, die es ihm letztlich immer wieder aufnötigt zu entscheiden, ob er einen Vorschlag annimmt oder ablehnt und dies letztlich auch immer wieder begründen muß. Besteht demgegenüber die Möglichkeit, Hilfsmittel in Anspruch zu nehmen (oder nicht), so bleibt der Facharbeiter in der "aktiven" Rolle, der ohne umständliche Auseinandersetzung mit den Systemvorschlägen direkt eine bestimmte Strategie wählen kann. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Überprüfung der Richtigkeit der gewählten Werte aus der Sicht der Facharbeiter ohnehin nur dort geschehen kann, wo letztlich die selbstgewählten oder vorgeschlagenen Daten ihre empirische Gültigkeit beweisen müssen, also beim Einfahren wie auch während der konkreten Bearbeitungsprozesse.

(3) Unsere Befunde zeigen, daß die Technologiebeherrschung bislang wesentlich auf der Basis von Erfahrungen erfolgt und diese unverzichtbar sind. Die Voraussetzungen hierfür sind an CNC-Maschinen jedoch keineswegs selbstverständlich gegeben. Hervorzuheben ist die Möglichkeit zu experimentieren, was vor allem auch das Risiko, Fehler zu machen, einschließt. Durch die Programmierung an der Maschine wird dies begünstigt; ebenso wichtig ist auch eine Arbeitsorganisation und Zeitvorgaben, die den Facharbeitern entsprechende Spielräume einräumen; ferner auch die Bereitschaft der Betriebe, hierdurch erzeugten Ausschuß in Kauf zu nehmen, wie dies häufig im Falle nicht optimal erstellter AV-Programme geschieht, und negative Sanktionen durch Vorgesetzte zu unterlassen. Wesentlich ist ferner die sinnlich praktische Wahrnehmung der Vorgänge an den Maschinen, ebenso wie ihre direkte (nicht über ein Programm vermittelte) Beeinflussung.

Dies sind gegenwärtig die wesentlichen "Quellen", über die Erfahrungswissen über Technologiedaten an CNC-Maschinen gewonnen wird. Dabei zeigt eine genauere Betrachtung, daß sich diese Quellen für den Erwerb des Erfahrungswissens - von der technischen Entwicklung her - eher ungeplant und zufällig ergeben; zugleich besteht die Gefahr, daß sie im Zuge

weiterer Entwicklungen (beispielsweise vernetzter Systemstrukturen mit dezentraler Erfassung, aber zentraler Auswertung) eher "versiegen" und verschüttet werden, als daß sie abgestützt und verbessert werden (siehe hierzu ausführlicher Abschnitt 6.).

(4) Soweit absehbar, liegt der Schwerpunkt der weiteren Entwicklungen in diesem Bereich gegenwärtig auf der Automatisierung zur Berechnung von Schnittwerten unter Verwendung von Zyklen, Werkzeug- und Werkstoffeinflüssen sowie der Implementierung von Werkzeug-, Werkstoff- oder Spannmitteldateien.[28] Die Frage jedoch, wie Facharbeiter an CNC-gesteuerten Maschinen Erfahrungswissen über Technologiedaten gewinnen, erneuern und vertiefen können und in welcher Weise hierbei technische Hilfen sinnvoll und notwendig sind, wird demgegenüber kaum gestellt. Gerade hierauf müßte jedoch - nach unseren Befunden - der Schwerpunkt in den weiteren Entwicklungen liegen. Nach unseren Ergebnissen besteht das zentrale Problem nicht darin, wie vorhandene Technologiedaten aufbereitet und verfügbar gemacht werden können; in der Praxis weit wichtiger ist vielmehr, wie die notwendigen Technologiewerte erfaßt, beurteilt und situationsspezifisch bewertet werden, und in welcher Weise Facharbeiter hierdurch unterstützt werden können (vgl. auch Abschnitt 4. über handlungsbegleitende Vorstellungen).

(5) Zu betonen ist: Auch wenn für die Arbeit an CNC-Maschinen Erfahrungen in der konventionellen Fertigung förderlich sind, so muß dennoch darüber hinaus an CNC-Maschinen zusätzliches Erfahrungswissen erworben sowie bereits vorhandenes angepaßt, verändert und vertieft werden. Dabei zeigen unsere Befunde nachdrücklich, daß dies sowohl bei AV-Programmierung als auch bei Werkstattprogrammierung erforderlich ist.[29]

Dieses Erfahrungswissen ist nicht vergleichbar mit einem einmal erlernten "Wissensschatz", der einmal erworben, ständig abgerufen und genutzt werden kann; maßgeblich ist vielmehr, daß es sich hier um ein Wissen handelt, das sich in kontinuierlicher Bewegung und Veränderung befindet und ent-

28 Vgl. hierzu die Einleitung zu diesem Abschnitt sowie insbes. hinsichtlich unterschiedlicher Programmierverfahren und Steuerungen die Darstellung von Hoffmann, Martin in diesem Band.

29 Es ist nochmals darauf zu verweisen, daß wir uns hier hauptsächlich auf den Bereich der Einzel- sowie kleineren und mittleren Serienfertigung beziehen.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

sprechend beständig modifiziert sowie situationsspezifisch angewandt und beurteilt werden muß. Speziell hierin liegt die Schwierigkeit der Generalisierung und Objektivierung eines solchen Wissens.

Da für Facharbeiter an CNC-Maschinen dieses Wissen auf Erfahrungen mit dem konkreten Bearbeitungsprozeß, d.h. den hier feststellbaren Reaktionen des Materials, der Wirkungsweise der Maschinen und des Werkzeugs u.v.m., beruht, ist daher die Absicherung solcher Erfahrungsmöglichkeiten an CNC-Maschinen unverzichtbar. Sind sie nicht gegeben oder gefährdet, so werden damit nicht nur wichtige Bestandteile der Qualifikation von Facharbeitern aufs Spiel gesetzt; es werden hiermit auch grundlegende organisatorisch-technische Gegebenheiten in der spanenden Fertigung, wie sie sich speziell im Bereich der Einzel-, Klein- und Mittelserienfertigung stellen, mißachtet.[30] Technische Weiterentwicklungen müssen sich daher gerade hier davor schützen, Konzepten nachzueifern, die letztlich durch die Zielsetzung (Philosophie) einer Ersetzung des "menschlichen Experten" geleitet sind, auch wenn sie zunächst im Gewande einer bloßen Unterstützung auftreten.[31]

Im folgenden sei daher nochmals gesondert und etwas ausführlicher auf die Erfahrungsmöglichkeiten bzw. die "Quellen" der Erfahrung an CNC-Maschinen, wie sie gegenwärtig gegeben sind, eingegangen.

6. Direkte Regulierung und Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse

(1) Die aktive sinnliche Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse ist nicht nur in der konventionellen Fertigung, sondern auch an CNC-Maschinen ein wichtiger Bestandteil der Tätigkeit von Facharbeitern, ebenso die direkte (nicht-programmgesteuerte) Regulierung der Bearbeitungsprozesse. Im vorhergehenden wurde dies bereits am Beispiel des Einfahrens (Abschnitt 3.) sowie der Gewinnung von Erfahrungswissen für Technologiedaten (Abschnitt 5.) ausführlicher dargelegt. Zu ergänzen ist, daß die Facharbeiter auch dann, wenn die Programme überprüft und optimiert sind,

30 Vgl. hierzu z.B. über die Werkstatt als Mittelpunkt des Fertigungsprozesses: Erbe 1986.

31 Vgl. hierzu z.B. grundsätzlich zu den Risiken, die beim Einsatz von Expertensystemen in der industriellen Fertigung bestehen: Lutz, Moldaschl 1989.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

die Bearbeitungsvorgänge im "Automatikbetrieb" permanent kontrollieren und ggf. auch in den Prozeßablauf eingreifen müssen. Dies stimmt zwar vielfach nicht mit den Vorstellungen und Erwartungen der technischen Planung überein, ist aber ein Sachverhalt, der auch bereits in anderen Untersuchungen dokumentiert und in den Betrieben - zumindest auf Produktionsebene - hinlänglich bekannt ist.[32]

Die sinnliche Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse, ebenso wie deren direkte Regulierung, unterliegt an CNC-gesteuerten Maschinen jedoch anderen Bedingungen als an konventionellen Maschinen. Dies führt dazu, daß in der Praxis ein Konflikt besteht zwischen den Anforderungen, denen die Facharbeiter sowohl beim Einfahren als auch bei der Prozeßüberwachung und Kontrolle nachkommen müssen, und den Möglichkeiten, die ihnen hierfür zur Verfügung stehen. In bereits vorliegenden Untersuchungen konnte gezeigt werden, daß bei AV-Programmierung hierin zentrale Ursachen für neuartige psychisch-mentale Belastungen bei Tätigkeiten an CNC-Maschinen liegen (Böhle, Milkau 1988; Witt u.a. 1988; Volkholz, Failmezger 1988).

(2) Wie im 2. Abschnitt gezeigt wurde, kann die Programmierung an der Maschine dazu beitragen, die Kontrolle der Bearbeitungsprozesse zu erleichtern. Ein selbsterstelltes Programm ist leichter nachvollziehbar und somit im konkreten Ablauf einfacher kontrollierbar; es können auch eher bereits präventiv beim Programmieren in der Vergangenheit häufig aufgetretene Fehlerquellen etc. besser berücksichtigt werden. Darüber hinaus kann die Konzentration zur Überwachung beim Abfahren "kritischer" Bearbeitungsschritte gezielt gesteigert werden. Allerdings werden die hier angesprochenen Probleme damit keineswegs beseitigt, wenn die Sicherung facharbeitergerechter Erfahrungs- und Regulierungsmöglichkeiten an CNC-Maschinen nicht gegeben ist. Auch selbst erstellte Programme müssen beim Einfahren optimiert werden; ebenso können im Automatikbetrieb - in gleicher Weise wie bei AV-Programmierung - unvorhersehbare Störungen auftreten.

---

32 Ausführlich dargestellt ist dies z.B. in der Untersuchung von Böhle, Milkau 1988, insbes. Kapitel IV; zahlreiche und sehr anschauliche Hinweise hierauf finden sich ferner in der Untersuchung von Witt u.a. 1988, insbes. S. 91 ff; vgl. auch Wiendahl, Springer 1986.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Die bislang entwickelten Programmierverfahren und Steuerungen beziehen sich bestenfalls punktuell hierauf. Die Fragen zur sinnlichen Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse sind bislang kaum ein Ansatzpunkt für gezielte technische Entwicklungen gewesen. Im folgenden soll die taktile (manuelle) Beeinflussung und Wahrnehmung ebenso wie die visuelle und akustische Wahrnehmung der Prozeßabläufe nochmals etwas genauer umrissen werden, um derartigen Fragen nachzugehen. Zu unterscheiden ist dabei jeweils zwischen dem eigentlichen Handbetrieb (ohne Programm oder zur Programmerzeugung), dem Einfahren und dem sog. Automatikbetrieb.

a) Manuelle Steuerung und Kontrolle

(1) Wichtige Unterschiede zwischen der manuellen Steuerung an konventionellen Maschinen und an CNC-Maschinen wurden bereits im 3. Abschnitt dargelegt. Charakteristisch für die erste Generation von CNC-Steuerungen ist, daß die manuelle Steuerung von Maschinenfunktionen über das Betätigen von Schalt- oder Druckknöpfen erfolgt. In der weiteren (neueren) Entwicklung wurden demgegenüber zur Regulierung und Steuerung bestimmter Maschinenfunktionen auch elektronische Handräder angebracht. Ein weiterer Gestaltungsansatz bezieht sich auf eindeutige Tasten für jeweils eine Maschinenfunktion gegenüber Tasten für mehrere Maschinenfunktionen.

In der bisherigen Diskussion ist die Bedeutung des (elektronischen) Handrads an CNC-Maschinen umstritten. Es wird einerseits zwar die Möglichkeit als sinnvoll eingeschätzt, konventionelle Arbeitspraktiken zu nutzen und erhalten zu können, andererseits wird das (elektronische) Handrad als anachronistisch und damit überflüssig abgetan. Unsere Befunde zeigen demgegenüber eindeutig, daß von den Facharbeitern (elektronische) Handräder an CNC-gesteuerten Maschinen überwiegend positiv beurteilt werden. Hierauf sei zuerst etwas näher eingegangen.

Mit elektronischen Handrädern an CNC-Maschinen können - je nach Hersteller - unterschiedliche Maschinenfunktionen beeinflußt werden; ferner sind bei einzelnen Steuerungen ein Handrad mit Mehrfachfunktionen oder mehrere Handräder mit jeweils unterschiedlichen Funktionen

angebracht. Solche Funktionen sind: die Regelung der Geschwindigkeit von Vorschub und Drehzahl sowie das Verfahren der Achsen.

(2) Unabhängig davon, ob man mit Handrad oder Druckknopf reguliert, wird die direkte (manuelle) Veränderung der Geschwindigkeit (Vorschub, Schrittgeschwindigkeit bzw. Drehzahl) durchweg als sehr wichtig und positiv eingeschätzt. Exemplarisch hierfür die Aussage: "Eingriffsmöglichkeiten beschränken sich auf Vorschub und Drehzahl. Es ist deshalb sehr wichtig, daß man diese Möglichkeit hat, weil dadurch eine Beziehung zum Werkstück besteht." Und ähnlich: "Ich kann die Geschwindigkeit und den Vorschub während der Bearbeitung verändern. Dies ist wichtig für den Arbeiter. Da ich derjenige bin, der es verändert, der die Macht über die Maschine hat." Nachdrücklich wird betont: "Besonders beim Einfahren ist die Regulierung der Geschwindigkeit notwendig."

Die Regulierung der Geschwindigkeit von Vorschub und Drehzahl ist für die Facharbeiter ein wichtiges "Korrektiv", um nicht vollständig dem programmgesteuerten Ablauf "ausgeliefert" zu sein. Es wird hierdurch möglich, für den Bearbeitungsprozeß wichtige Parameter nicht nur beim Einfahren, sondern auch während des Bearbeitungsprozesses zu verändern und auf diese Weise unvorhersehbare Gegebenheiten im Bearbeitungsablauf zu berücksichtigen. Anschaulich hierfür die Schilderung: "Während der Bearbeitung können viele Sachen aufeinandertreffen und nicht zusammenpassen. Da haben wir dann die Möglichkeit, wenn wir merken, das Material ist zu zäh oder es sind Stellen drin, über die man nicht wegkommt, den Vorschub herunterzudrehen oder raufzudrehen oder die Drehzahl zu verändern." Und ähnlich: "Bei kritischen Stellen gehe ich mit der Geschwindigkeit runter."

(3) Durchweg positiv wird in diesem Zusammenhang das (elektronische) Handrad gegenüber einer Steuerung mittels Drucktasten beurteilt. Das entscheidende Argument ist: "Man fühlt sich sicherer und kann feinfühliger damit umgehen." Typisch hierfür die Aussage: "Wenn man einen Knopf drückt, ist das nicht so gut, das ist nicht gefühlsmäßig, man bekommt den Finger nicht so schnell vom Knopf. Das Handrad ist idealer. Man fährt ziemlich nah heran mit dem Handrad, kann es langsam oder schnell drehen, das Handrad ist besser, da kann man schnell zack-zack machen." Und ähnlich: "Mit dem Potentiometer habe ich das Gefühl,

schneller und eindeutiger die Zustellung der Geschwindigkeiten bzw. des Vorschubs in der Hand zu haben. Ich habe mehr Gefühl."

Hervorgehoben werden die stufenlose Regulierung ebenso wie die direktere analoge Umsetzung manueller Bewegungen: "Ich fühle mich durch die Bedienung des Handrads bei der Regulierung der Geschwindigkeit sicherer als bei der Bedienung mit Knöpfen, da ich durch das Handrad schneller hoch- bzw. runterfahren kann." Oder: "Für mich ist das Handrad angenehmer zu handhaben, da ich schneller eingreifen und stufenlos regulieren kann." In einigen Fällen haben die Facharbeiter versucht, die Verwendung des Handrads noch stärker manuellen Impulsen zugänglich zu machen. Typisch hierfür die Schilderung: "Wichtig ist die Leichtläufigkeit des Handrads. Wir haben in der Firma die Feder des Handrads herausgemacht, damit es sich noch leichter dreht, noch weniger Widerstand da ist, weil man dann mehr Gefühl für das Handrad hat."

Betont wird ferner, daß ein Handrad "handgreiflicher" ist als Drucktasten und Schalter. Exemplarisch hierfür sind Beschreibungen wie: "Positiv am Potentiometer ist, daß man Gas geben, höherdrehen bzw. tieferdrehen kann, man hat etwas in der Hand, das ist mit den Knöpfchen an der Tastatur nicht möglich." Und ähnlich: "Den Potentiometer finde ich angenehmer, weil ich etwas in der Hand habe, steuern kann."

(4) Auch das manuelle Verfahren der Achsen wird als unverzichtbar eingeschätzt: vor allem beim Einfahren wie auch bei Störungen. Auch hier wird ein Handrad gegenüber Drucktasten bevorzugt, da man damit sicherer und feinfühliger vorgehen kann. Charakteristisch hierfür die Aussage: "Das Handrad wird beim Einfahren gebraucht, auch beim Rausfahren im Falle von Störungen. Mit dem Handrad ist man sicherer, als wenn man nur tippt."

Als vorteilhaft wird eingeschätzt, wenn für die X- und Z-Achse jeweils ein Handrad zur Verfügung steht. Bei einem Handrad mit Mehrfachfunktionen ist es notwendig, jeweils zunächst die gewünschte Funktion einzustellen; dies wird nicht nur als umständlicher eingeschätzt; man sieht auch Vorteile darin, beide Achsen gleichzeitig bedienen zu können. Dort, wo den Facharbeitern zwei Handräder zur Verfügung standen, wurde durchweg konstatiert: "Zwei Handräder für jede X- und Z-Achse sind vorteilhaft." Wohingegen in anderen Fällen die Facharbeiter oft schon froh wa-

ren, überhaupt ein Handrad zur Verfügung zu haben. Auch getrennte Handräder für Vorschub und Schnittgeschwindigkeit wurden dort, wo sie vorhanden sind, durchweg als positives Merkmal der Steuerung hervorgehoben.

Damit ist ein Problem angesprochen, das sich grundsätzlich unabhängig von der Frage des Handrades stellt.

(5) Ebenso wie Hersteller sehen auch Facharbeiter das Problem einer Überladung der Bedienpulte mit zu vielen Tasten und der daraus resultierenden Unübersichtlichkeit wie aber auch der Größe und Unhandlichkeit der Bedienpulte und Steuerungsapparaturen. Die Begrenzung der Anzahl der Tasten bei gleichzeitiger Belegung mit Mehrfachfunktionen ist hier eine von Herstellern gegenwärtig häufig eingeschlagene Lösung. Sehr weitgehend ist dies bei Steuerungen realisiert, wo - außer dem Verfahren der Achsen - sämtliche Maschinenfunktionen (z.B. auch Aufruf von Kühlflüssigkeit) in ein Tastenfeld mit Mehrfachfunktion integriert sind.

Demgegenüber wurde es von Facharbeitern positiv beurteilt, wenn für Maschinenfunktionen eindeutige Tasten vorhanden sind. Mit den Worten eines Facharbeiters: "Soft-keys sind durchaus erleichternd, aber es muß eine gewisse Ordnung sein. Bei den Maschinenfunktionen sind eindeutige Tasten besser." Und ähnlich: "Eindeutige Tasten, z.B. für die Kühlflüssigkeit, sind besser, als über mehrere Tasten anwählen müssen." Bei Steuerungen, die keine eindeutigen Tasten für Maschinenfunktionen aufweisen, wird dies als ein besonderer Nachteil herausgestellt. Kritisiert wird, daß die Maschinenfunktionen nicht direkt angewählt werden können, und ein solches Verfahren umständlich ist. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "An meiner Maschine ist es nicht möglich, die Funktion Kühlmittel direkt anzuwählen. Hierzu bedarf es der Kühlmittelprogrammierung, d.h., diese Anwahl ist nur dann möglich, wenn Kühlmittel auch im Programm eingegeben wurde. Ist das der Fall, muß die Funktion angeblättert werden. Darüber hinaus muß jede Eingabe auch bestätigt und der entsprechende aufzurufende Satz neu angewählt werden. Verglichen mit anderen Steuerungen, die direkte Anwahl zulassen, bedeutet dies drei zusätzliche Schritte." Und ähnlich: "Eine Veränderung des Vorschubs kann an meiner Maschine nicht direkt angewählt werden. Hier ist es nötig, drei bis vier Tasten zu drücken." Dieses Problem stellt sich auch dann, wenn nur ein Handrad verfügbar ist, das mit Mehrfachfunktionen belegt wird. Sehr an-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

schaulich und mit gewissem Nachdruck wird in der folgenden Schilderung dargestellt, weshalb ein solches Vorgehen als umständlich und zeitraubend eingeschätzt wird: "Über den Editor rufe ich das Programm auf, das geändert werden soll. In dem entsprechenden Programm möchte ich jetzt den Vorschub ändern. In der Technologiezeile rufe ich die Schnittgeschwindigkeit ab. Ich rufe den entsprechenden Satz auf und gebe die Taste 'Änderung' ein. Das Programm fragt mich, was geändert werden soll, und ich positioniere den Cursor auf das Wort 'Vorschub'. Nach Erscheinen des Wortes 'Vorschub' kann ich die Technologiedatenveränderung vollziehen. Bei den verschiedenen Schritten muß stets die Taste 'Bestätigung' gedrückt werden. Es ist nicht möglich, direkt den Vorschub zu ändern, man muß stets durchblättern."

Der direkte Zugriff auf die Maschine ist für die Facharbeiter eine wichtige Komponente, um sich im Umgang mit der Maschine sicher zu fühlen und der Ohnmacht gegenüber den programmgesteuerten Abläufen entgegenzuwirken. Auf diesem Hintergrund erweisen sich eindeutige Zuordnungen zu grundlegenden Maschinenfunktionen nicht nur als weniger umständlich; sie sind auch wichtige Grundlagen für einen - von der Programmierung unabhängigen - direkten Umgang mit der Maschine. (Wie es u.a. für den Aufbau mentaler Repräsentationen nötig ist (vgl. Abschnitt 4.).)

(6) Die positive Beurteilung des (elektronischen) Handrads bezieht sich im wesentlichen auf die direktere und differenziertere Umsetzung manueller Bewegungen in die Steuerung von Maschinenfunktionen, als dies beim Drücken von Tasten gegeben ist. Eine unmittelbare manuell spürbare Rückkoppelung von Effekten, die hierdurch ausgelöst und erreicht werden (z.B. Widerstand des Stahls beim Heranfahren des Werkzeugs), ist demgegenüber - im Unterschied zur konventionellen mechanischen Steuerung - beim elektronischen Handrad ebenso wenig gegeben wie bei Drucktasten. Durchweg wird daher bei elektronischen Handrädern als ein wichtiger Unterschied zur konventionellen Maschine hervorgehoben, daß man in der Hand nichts mehr "spürt", d.h., man kann die Vorgänge an den Maschinen zwar regulieren, aber nicht gleichzeitig mit der Hand wahrnehmen und beurteilen. Dennoch scheint auch an CNC-gesteuerten Maschinen die taktile Wahrnehmung und Kontrolle nicht völlig verschwunden zu sein. Jedenfalls finden sich in einzelnen Schilderungen von Facharbeitern deutliche Hinweise hierauf; sie zeigen auch die Unterschiede zur Arbeit an konventionellen Maschinen auf. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Auch

die CNC-Maschine habe ich in der Hand. Dazu muß ich sie jedoch genau kennen, um zu wissen, wie ich mit ihr umgehen kann. Beispielsweise spüre ich über die Schwingungen an der Maschine, ob sie richtig arbeitet. Diese Sicherheit an der CNC-Maschine kann ich auch anders bekommen, als dies gewöhnlich an der konventionellen Maschine der Fall ist." Es handelte sich in diesem Fall um einen Facharbeiter, dem auch beim Programmieren die Kenntnis der Maschine sehr wichtig war und der sich "intime" Kenntnisse der Maschinen, vor allem bei ihrem Aufbau, ihrer Erprobung wie auch ihrer Reparatur, erworben hatte.

Des weiteren wird auf die Bedeutung des "Fingerspitzengefühls" hingewiesen, das sowohl beim Messen als auch beim Aufspannen notwendig ist und hierbei erworben wird. Dieses "Fingerspitzengefühl", an dem z.B. die Oberfläche eines Werkstücks und dementsprechend die Qualität einer Bearbeitung beurteilt wird, ist selbst dann von Nutzen, wenn im Bearbeitungsverlauf kein unmittelbarer taktiler Kontakt möglich ist. "Was man in der Hand gespürt hat, kann man besser beurteilen - auch wenn man es nur sieht", ist hierfür eine charakteristische Aussage. Allerdings sind diese Möglichkeiten zum Erwerb von Fingerspitzengefühl an CNC-Maschinen nicht immer oder nur sehr beschränkt gegeben. Typisch hierfür die Darstellung: "Beim Handspannfutter spüre ich die Spannung. Beim automatischen Spannfutter ist es problematisch, weil ich das nicht spüren kann. Das automatische Spannfutter ist problematisch, wenn man dünnwandige Teile zum Bearbeiten hat. Spannt man es zu kräftig - kann man es zerdrücken, wird es zu leicht gespannt - kann es bei hoher Umdrehungszahl herausgeschleudert werden."

b) Visuelle Wahrnehmung

(1) Die visuelle Wahrnehmung der Bearbeitungsvorgänge spielt an der CNC-Maschine vor allem beim Einfahren eine wichtige Rolle. Sie wird hier von den Facharbeitern als unverzichtbar angesehen. Charakteristisch ist, daß beim Einfahren meistens die Verkapselung geöffnet wird, so daß ein direkter Sichtkontakt gegeben ist.

Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Um ein neues Programm einzufahren, muß ich die Kapsel öffnen, da ich genau sehen muß, wo der Stahl hinfährt, welchen Abstand er zum Material hat. Ebenso wird die Kühlflüssig-

keit beim Einfahren abgeschaltet, damit ich genau sehen kann, wie der Stahl an das Werkstück heranfährt." Aber nicht nur beim Einfahren neuer Programme, sondern grundsätzlich gilt: "Wenn möglich, wird ohne Haube angefahren."[33] Bereits gegenwärtig gerät dies in einzelnen Betrieben mit den Vorschriften der Berufsgenossenschaften in Konflikt, denn zur Vermeidung von Unfallgefahren wird teilweise auch beim Einfahren ein Schließen der Verkapselung vorgeschrieben. Die Folge ist, daß Facharbeiter die automatischen Sicherheitsvorkehrungen (Stop der Maschine bei Öffnung der Kapsel) gänzlich außer Kraft setzen und dies auch vom betrieblichen Vorgesetzten geduldet wird, da bei geschlossener Verkapselung der notwendige Sichtkontakt nicht gegeben ist.

Es ist hinlänglich bekannt, daß bei geschlossener Kapsel der Sichtkontakt in mehrfacher Weise beeinträchtigt wird. Durch die Kühlflüssigkeit werden die an den Verkapselungen angebrachten Glasscheiben verschmiert; ferner wird durch die Verkapselung den Facharbeitern auch eine bestimmte Distanz bei der visuellen Beobachtung aufgezwungen. (Gerade beim Einfahren gehen die Facharbeiter bei geöffneter Verkapselung oftmals sehr nahe an das Werkzeug heran.)

(2) Diese Beeinträchtigung visueller Wahrnehmung von Bearbeitungsvorgängen durch die Verkapselung ist bei Automatikbetrieb der "Normalfall". Wie bereits in vorliegenden Untersuchungen dokumentiert, können die Facharbeiter auch im Automatikbetrieb keineswegs, wie oft unterstellt (oder erwartet) wird, die Maschine ausschließlich sich selbst überlassen (Böhle, Milkau 1988; Witt u.a. 1988). Es ist notwendig, daß die programmgesteuerten Bearbeitungsabläufe (permanent) überwacht werden; nur auf diese Weise ist es möglich, Störungen an den Maschinen oder einen Werkzeugbruch rechtzeitig zu erkennen und - wenn man sie auch oft nicht mehr verhindern kann - so doch zumindest Folgeschäden möglichst gering zu halten. Auch die Befunde in dieser Untersuchung bekräftigen dies nachdrücklich. Trotz Kühlflüssigkeit und durchweg verschmierter Glasscheiben sind dabei die Facharbeiter auf die visuelle Wahrnehmung der

33 Das widerspricht Sicherheitsvorschriften in Kenntnis möglicher Unfälle und Gefährdungen: Der Verstoß ist bewußt, also unumgänglich aus der Sicht der Facharbeiter, um ihnen "Sicherheit" für ein Programm zu geben. Die Vorgehensweise der Facharbeiter ist bedeutsamer Beleg dafür, wie groß der empfundene "Druck" ist, Erfahrung machen zu müssen

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Bearbeitungsvorgänge angewiesen. "Sehen muß ich auf jeden Fall, ganz kann ich darauf nicht verzichten", diese Aussage ist hierfür typisch. Wichtig ist dabei die Wahrnehmung eines Gesamtbildes, aus dem sich Rückschlüsse über den Bearbeitungsablauf, seine Stimmigkeit oder ggf. Abweichungen und sich anbahnende Störungen ergeben. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Ich habe im Kopf, daß nach fünf Minuten dieses Werkzeug an die Stelle des Werkstücks fahren muß. Ich schaue dabei auch auf die Maschine und beobachte trotz Kühlflüssigkeit den Vorgang, so daß ich mir sicher sein kann, daß alles richtig läuft. Ich schaue aber nicht nur auf das Werkstück, sondern auf den ganzen Maschinenraum." Die Facharbeiter versuchen somit, sich trotz verschmierter Glasscheiben, Kühlflüssigkeit, hoher Geschwindigkeit und oftmals ungünstiger Lichtverhältnisse (Spiegelungen etc.) dennoch "ein Bild" zu machen.[34]

(3) Auch wenn in einzelnen Fällen berichtet wird, daß der Sichtkontakt ausreicht (allerdings nur dann, wenn die Verkapselung beim Einfahren geöffnet wird!), wird durchweg eine Verbesserung des Sichtkontakts für notwendig erachtet und befürwortet.

Bei der Beurteilung von Lösungsmöglichkeiten fehlt es oft an Phantasie. Die gegebenen Zustände werden vielfach als etwas eingeschätzt, was unabwendbar ist und dem man sich anpassen muß. Man greift eher zu naheliegendem, wie z.B. dem Öffnen der Kapsel beim Einfahren, auch wenn dabei Unfallgefahren entstehen und gegen Unfallvorschriften verstoßen wird, oder man müht sich ab, mit dem beschränkten Sichtkontakt zurechtzukommen. Verbesserungen, wie z.B. Vorrichtungen zur Reinigung der Glasscheiben während der Bearbeitung oder die Verwendung einer klaren Kühlflüssigkeit, werden von den Facharbeiten als relativ einfache Möglichkeiten zur Erleichterung eingeschätzt.

Ambivalent ist demgegenüber - auch weil hier entsprechende Erfahrungen fehlen - die Einschätzung technischer Hilfsmittel, wie z.B. die Verbesserung des Sichtkontakts durch eine Kamera. Aussagen wie: "Eine Kamera wäre als Ersatz zur Haubenöffnung denkbar. Ich könnte mir vorstellen,

34 Vgl. die Ausführungen über Orientierungspunkte im 4. Abschnitt. Facharbeiter haben offenbar mentale Repräsentationen über Bewegungen im Maschinenraum und vergleichen durch Orientierungspunkte die jeweiligen Entsprechungen konkreter Abläufe.

daß ich ihr vertrauen könnte", finden sich ebenso wie die dezidierte Feststellung: "Eine Kamera würde ich nicht verwenden, da für mich der Bildschirm eine Ablenkung ist. Über das Bild auf dem Bildschirm bekomme ich kein Gefühl zum Fertigungsprozeß, zum Werkstück und zum Ablauf." An dieser Aussage wird nochmals deutlich, daß es sich bei der hier angesprochenen visuellen Wahrnehmung nicht primär um eine isoliert optische Registrierung einzelner visueller Informationen handelt, sondern um ein Sehen, das in das Arbeitshandeln insgesamt und damit auch in eine bestimmte Beziehung zur Maschine, zu Bewegungen des Körpers (Nähe, Distanz etc.) usw. eingebunden ist.[35]

Als weitere mögliche Hilfen zur Unterstützung der direkten visuellen Wahrnehmung werden auch Anzeigen bezeichnet, an denen sich Maschinenzustände etc. ablesen lassen. Einen konkreten Hinweis gibt z.B. die folgende Schilderung: "Auch ein Spindelbelastungsanzeiger wäre positiv. Über ihn läßt sich die Bearbeitungskraft an der Maschine ablesen." Und ähnlich die Aussage: "Darüber hinaus kann ich auch die Belastung, ob ein Werkzeug stumpf ist, anhand des Amperemeter erkennen und u.U. das Werkzeug auswechseln." Auch Anzeigen für Spannkraftmesser werden als Verbesserungsmöglichkeit genannt.

(4) Positiv beurteilt wird ferner ein mobiles Handsteuergerät, da man hiermit den Standort wechseln und um die Maschine "herumlaufen" sowie "näher" an die Maschine herangehen kann, um beispielsweise Blickwinkel zu wechseln. Jedoch müssen solche Geräte so gestaltet sein, daß sie in jedem Fall mit einer Hand zu bedienen sind und an jeder Stelle an der Maschine, z.B. durch Magnetvorrichtungen, befestigt werden können. Nur dann gewährleisten sie die als hilfreich empfundene Bewegungsfreiheit.

Schließlich ist auch darauf hinzuweisen, daß teilweise der Sichtkontakt zusätzlich durch eine ungünstige Positionierung des Bedienungsfeldes beschränkt wird. Vergleichsweise einfache ergonomische Verbesserungen - die allerdings schon bei den Herstellern berücksichtigt werden müßten - wären hier bereits eine Erleichterung. So ist es z.B. für Facharbeiter, die rechtshändig arbeiten (was der Normalfall ist), äußerst hinderlich, wenn das Bedienungsfeld links neben dem Bearbeitungsraum angebracht ist.

35 Siehe zur konzeptuellen Begründung solcher Formen sinnlicher Wahrnehmung ausführlicher bei Böhle, Milkau 1988, insbes. Kapitel II.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Die Folge ist: "Weil das Steuerungsfeld links an der Maschine angebracht ist, kann der Arbeitsverlauf nur unter schwierigen Bedingungen verfolgt werden. Man bekommt einen steifen Hals und Druckschmerzen im Arm." Hinzu kommt: "Zwischen der Steuerung und dem Bearbeitungsfenster befindet sich ein Abgrenzungssteg, über den man hinübergreifen muß. Der Bildschirm ist soweit links vom Bearbeitungsbereich angebracht, daß eine gleichzeitige Kontrolle des Bearbeitungsverlaufs am Bildschirm und in der Verkapselung nicht möglich ist." Es wird daher oft ein schwenkbares Steuerpult als positiv eingeschätzt, vor allem dann, wenn die Abläufe an den Maschinen mit Angaben an Bildschirmen verglichen und quasi "gleichzeitig" wahrgenommen werden müssen. Typisch hierfür die Aussage: "Es ist oft so, daß man die Zahlen im Auge hat und gleichzeitig das Werkzeug anschaut."

c) Akustische Wahrnehmung

(1) Unsere Befunde zeigen, daß an CNC-gesteuerten Maschinen die Bedeutung des Hörens - im Vergleich zur konventionellen Fertigung - eher zu- als abnimmt. Vor allem im Automatikbetrieb gilt die - bereits schon in früheren Untersuchungen belegte - Feststellung: "Wo man nichts mehr sieht, da muß man eben hören" (Böhle, Milkau 1988). Speziell hier zeigt sich, wie sehr die Facharbeiter während des Automatikbetriebs sich oftmals nur scheinbar von der Maschine abwenden. Exemplarisch hierfür die Schilderung: "Aber man hört ja, wenn an der Maschine etwas nicht Programmiertes, nicht Vorhergesehenes vor sich geht, z.B. wenn ein Blättchen bricht. Wenn sich die Maschine normal anhört, kann ich mich auch abwenden, denn im Geiste bin ich trotzdem daran, auch wenn ich nicht bei ihr stehe und sie beobachte." Und ähnlich die Schilderung: "Man hat schon den Mut, sich von der Maschine zu entfernen, weil ich ja mit meinem inneren Ohr an der Maschine bin - ich höre - man muß hören, ob der Stahl richtig schneidet, die Sache richtig läuft."

Durchweg zeigt sich, daß bei verkapselten Maschinen das Hören die zentrale Grundlage für die Wahrnehmung und Kontrolle der Bearbeitungsvorgänge ist. Typische Schilderungen sind: "Ich orientiere mich während des Fertigungsablaufs hauptsächlich an der Akustik. Ich verfolge den Ablauf hörend, z.B. wenn eine Bohrstange in der Bohrung vibriert bzw. pfeift, gehe ich mit der Geschwindigkeit runter oder verändere den Vorschub."

"Ich höre z.B., ob die Drehzahl oder der Vorschub zu hoch ist und greife dann anhand der Tastatur oder des Potentiometers ein." "Während des Bearbeitungsprozesses gehe ich ganz nach Gehör, an kritischen Stellen fahre ich mit der Geschwindigkeit oder mit dem Vorschub runter. Danach probiere ich aus, wie hoch ich fahren kann."

Die Facharbeiter versuchen somit, durch das Hören den mangelnden Sichtkontakt und die fehlende handgreifliche Kontrolle auszugleichen und zu ersetzen. Exemplarisch hierfür ist die Aussage: "Das Geräusch ist heute an der CNC-Maschine die Verbindung zum Werkstück geworden. Man hat nichts anderes mehr. Eine direkte Verbindung ist nicht mehr da." Und ähnlich: "Bei der Steuerung mit dem (mechanischen) Handrad spürt man in der Hand den Widerstand des Werkstückes. Beim Drücken eines Knopfes oder beim elektronischen Handrad, also an der CNC-Maschine, höre ich nur."

Wie schon in früheren Untersuchungen herausgestellt (Böhle, Milkau 1988), handelt es sich bei diesem Hören nicht um das Registrieren einzelner, präzis definierter akustischer Signale (z.B. Piepston), sondern um die Wahrnehmung komplexer und variierender "Geräusch-Bilder".[36] Die für die Facharbeiter wichtigen akustischen Informationen werden nicht primär registriert, sondern eher "erspürt". Exemplarisch hierfür sind Umschreibungen wie: "Das spüre ich eben. Das läuft über Hören und Fühlen." Oder: "Das Hören spielt eine große Rolle, das geht vom Gefühl aus."

(2) Dieser - vor allem im Automatikbetrieb - zentralen Bedeutung des Hörens steht zugleich gegenüber, daß die Bedingungen hierfür keineswegs förderlich sind. In den Worten eines Facharbeiters: "Das Hören spielt eine große Rolle, ist momentan aber nicht ideal ... bei meiner Maschine höre ich gar nichts mehr, vor allem bei kleinen Teilen." Die Verkapselung wirkt sich hinderlich aus; ebenso Lärm, der durch andere Maschinen und Produktionsprozesse in benachbarten Arbeits- und Produktionsbereichen erzeugt wird. Auch hier zeigen sich Konflikte zwischen Maßnahmen zum Gesundheitsschutz und der für die Facharbeiter notwendigen sinnlichen Wahrnehmung. Maßnahmen zum Lärmschutz - hierzu trägt ohne Zweifel die Verkapselung bei - differenzieren nicht zwischen belastenden und für

36 Vgl. die Ausführungen über Orientierungspunkte im 4. Abschnitt und die Heraushebung eines zweiten komplexen Wahrnehmungstypus.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN

die Arbeit notwendigen Geräuschen bzw. dem Schutz gegenüber Lärm einerseits und der Absicherung von Möglichkeiten, notwendige akustische Informationen über die Bearbeitungsvorgänge zu erhalten, andererseits. So ist es für die Arbeitskräfte belastend, die für sie wichtigen Geräusche "herauszufiltern." Es bedarf teils hoher Konzentration, um mit dem Ohr zu "fokussieren". Dies ist besonders dann der Fall, wenn die Arbeitskräfte während des Automatikbetriebs mit neben- und vorbereitenden Arbeiten beschäftigt sind und sich auch von der Maschine wegbewegen müssen.

(3) Von außen betrachtet hat es oft den Anschein, als würden die Arbeitskräfte während des Automatikbetriebs "nichts tun" oder ausschließlich mit Nebentätigkeiten beschäftigt sein. Auch von Führungskräften, insbesondere auf höheren Ebenen des Managements, wird dies oft so eingeschätzt. Daraus resultieren mitunter Vorschläge, diese "Zeiten" produktiver auszufüllen und - sofern an der Maschine programmiert wird - sie für die Erstellung neuer Programme zu nutzen. Wie bereits in vorliegenden Untersuchungen herausgestellt, sind Nebenbeschäftigungen während des Automatikbetriebs durchaus möglich, jedoch dürfen sie die Konzentration der Arbeitskräfte von den Maschinen nicht abziehen und beeinträchtigen. Bei einfacheren manuellen Vorbereitungs- und Nachbereitungstätigkeiten ist dies durchaus gewährleistet. Bei Mehrmaschinenbedienung, ebenso wie bei der Programmierung während des Automatikbetriebs, ist dies jedoch nicht gegeben. Von den Arbeitskräften wird (bzw. wurde) eine solche Arbeitssituation in hohem Maße als Belastung empfunden; wie sehr, zeigt sich u.a. daran, daß sie unter diesen Bedingungen - trotz aller Vorteile - auf die Programmierung in der Werkstatt verzichten würden. Exemplarisch hierfür die Aussage: "Ich muß die Maschine hören, ich höre da immer hin, wie das Teil sich anhört, der Stahl im Material schwingt, und wenn ich das nicht mehr kann, sondern mich auf das Programmieren konzentrieren muß, klappt alles nicht mehr. Dann bin ich am Abend mit den Nerven fertig. Wenn das gefordert wird, würde ich das ablehnen, ich würde dann die Programmierung in der AV bevorzugen." Aus dieser Sicht wäre eine am ehesten akzeptable Alternative, daß sich zwei Facharbeiter abwechseln, d.h., "wenn der eine programmiert, überwacht der andere zwei Maschinen, und wenn der, der programmiert, fertig ist mit seinem Programm, löst er den Überwacher an der Maschine ab, so daß der dann neue Programme erstellen kann."

(4) Hilfen bei der akustischen Überwachung der Bearbeitungsvorgänge werden von Facharbeitern als vorteilhaft eingeschätzt. Jedoch fehlen auch hier konkrete Vorstellungen. Wenn es technisch möglich wäre, könne man sich durchaus z.B. Lautsprecher bzw. eine Verstärkung wichtiger Geräusche im Arbeitsraum der Maschine durch Mikrophone etc. vorstellen. Dies darf aber nicht zu einer größeren Lärmbelästigung führen. Offene Probleme sind hierbei, an welcher Stelle im Arbeitsraum Geräusche erfaßt werden müßten bzw. welche Filter geeignet sind. Automatische Überwachungssysteme, durch die es überflüssig wird, die Vorgänge an den Maschinen akustisch zu überwachen, hält man demgegenüber für kaum möglich. Eine Schwierigkeit ist, daß es darauf ankommt, auch bereits sich "anbahnende" Störungen rechtzeitig zu erkennen, so daß es kaum möglich ist, exakt anzugeben bzw. zu definieren, woran man dies im konkreten Fall erkennt. Es sind Veränderungen im Geräusch, deren Wahrnehmung und Interpretation auf Erfahrungen und einem Nachvollziehen der Vorgänge an den Maschinen beruhen. Man vollzieht die Vorgänge an den Maschinen "im Geiste" mit und nimmt auf diese Weise Abweichungen zwischen den erwarteten und tatsächlichen Abläufen an der Maschine wahr. Da ein selbsterstelltes Programm eher nachvollziehbar ist, erweist sich daher die Werkstattprogrammierung für die akustische Überwachung im Automatikbetrieb als vorteilhaft (vgl. die Abschnitte 2. sowie 4.). In einzelnen Fällen wurde von den Facharbeitern auch eine grafische Simulation der Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen als hilfreich eingeschätzt. Sie ist zwar kein Ersatz für die unmittelbare visuelle Wahrnehmung der Bearbeitungsvorgänge (und wird in dieser Weise auch nicht genutzt). Sie kann jedoch - bei eingeschränktem Sichtkontakt - eine Hilfe sein, mit der man sich bei akustisch festgestellten Abweichungen über den Stand der Bearbeitung orientiert (bzw. vergewissert).

d) Konsequenzen für die Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungen

(1) Sowohl beim Einfahren, als auch beim Automatikbetrieb sind manuelle Eingriffe, ebenso wie die unmittelbare visuelle und akustische Wahrnehmung der Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen, für die Arbeitskräfte unverzichtbar. Bei den bisherigen Bemühungen, facharbeitergerechte Programmierverfahren und Steuerungssysteme zu entwickeln, wird hierauf jedoch eher nur am Rande eingegangen. In der Praxis beste-

hen aber gerade hier Gestaltungserfordernisse; es besteht die Gefahr, daß in der weiteren Entwicklung die schon jetzt bestehenden Einschränkungen und Behinderungen eher weiter verstärkt, denn abgebaut werden. Einer der eingeschlagenen Lösungswege ist der Versuch, die Anforderungen an menschliche Überwachung und Eingriffe weiter zu reduzieren, so z.B. durch die Weiterentwicklung der Sensortechnik zur automatischen Fehlerkontrolle (Werkzeugbruch etc.). Es soll an dieser Stelle keine Grundsatzdebatte über die technische Machbarkeit oder ökonomische Effizienz solcher Lösungen geführt werden. Unsere Befunde bekräftigen jedenfalls nachdrücklich, daß schon jetzt - in den hier in Frage stehenden Produktionsbereichen - teils erhebliche Differenzen zwischen den Vorstellungen über die technische Beherrschbarkeit der Fertigungsprozesse einerseits und den faktischen Gegebenheiten im konkreten Produktionsablauf andererseits bestehen. Die Vorstellung vom "perfekten Programm", das an den Maschinen nur einen "Knöpfchendrücker" erfordert, ebenso wie die Annahme, daß im Automatikbetrieb eine permanente Überwachung und Eingriffe seitens der Facharbeiter überflüssig sind, sind hier vielleicht extreme, aber durchaus realistische Beispiele; mit den Anforderungen der betrieblichen Praxis stimmen sie jedoch - zumindest in den hier in Frage stehenden Produktionsbereichen (kleinen Losgrößen, Einzelfertigung, flexible Produktion usw.) - kaum überein.

Die vorliegenden Befunde verweisen darauf, daß sich die weitere technische Entwicklung nicht primär auf eine Ersetzung von Erfahrungswissen und menschlichen Eingriffen, sondern auf eine Unterstützung der Facharbeiter bei der Gewinnung und Nutzung von Erfahrungswissen zu richten hätte. Erforderlich sind in dieser Perspektive technische Hilfen und Verbesserungen bei der manuellen Steuerung, ebenso wie bei der visuellen und akustischen Wahrnehmung der Bearbeitungsvorgänge an den Maschinen.

(2) Eindeutig positiv zu bewerten sind nach unseren Befunden elektronische Handräder zum Verfahren der Achsen sowie der Regulierung des Vorschubs und der Schnittgeschwindigkeit. Im Unterschied zu Drucktasten ermöglicht das Handrad eine differenziertere und vielfältigere direkte Umsetzung manueller Bewegungen in die Steuerung der Maschine (langsam, schnell, differenzierte Abstufungen etc.); ferner vermittelt ein Handrad eine größere Sicherheit (geringere Gefahr, daneben zu greifen etc.). Mehrere Handräder mit jeweils eindeutig zugeordneten Funktionen (ins-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

besondere beim Verfahren der Achsen) werden als günstiger angesehen als - wie dies gegenwärtig zumeist der Fall ist - ein Handrad mit anwählbaren Mehrfachfunktionen. Es wäre genauer zu überprüfen, inwiefern - ähnlich wie bei mechanischer Steuerung - auch bei elektronischen Handrädern eine unmittelbare manuell spürbare Rückkoppelung der Effekte von Steuerungsimpulsen hilfreich wäre. Gegenwärtig finden sich Facharbeiter weitgehend damit ab, daß die manuell ausgelösten Effekte nicht über die Hand, sondern nur visuell oder akustisch wahrgenommen werden. Zieht man in Betracht, daß die visuelle und akustische Wahrnehmung zumeist nur bei geöffneter Verkapselung einigermaßen zufriedenstellend ist (zugleich ist sie aber mit Unfallgefahren verbunden!), so scheint es keineswegs abwegig, auch an CNC-Maschinen nach Möglichkeiten für eine unmittelbare taktile Wahrnehmung (Rückkoppelung) von Steuerungsimpulsen zu suchen. Auch wäre zu prüfen, auf welche Weise sich die taktile Wahrnehmung von Maschinenzuständen (Vibration, Schwingungen) durch geeignete technische Medien und/oder Anzeigengeräte unterstützen läßt und intensiver als bisher genutzt werden könnte.

(3) Bei der visuellen Wahrnehmung ist ein zentrales, bislang nicht gelöstes Problem der eingeschränkte Sichtkontakt bei geschlossener Verkapselung. Naheliegende Verbesserungen wären Vorrichtungen zur Reinigung der Sichtfenster während der Bearbeitungsvorgänge oder/und die Verwendung einer klaren Kühlflüssigkeit oder entsprechender Substitute. Weitergehende Verbesserungen richten sich auf die Unterstützung der visuellen Wahrnehmung durch technische Medien, wie etwa Kameras oder andere Formen der visuellen Repräsentation. Simulationen am Bildschirm, wie sie bislang entwickelt wurden, sind nicht oder nur sehr begrenzt - bestenfalls als zusätzliche Orientierungsmittel - hilfreich; sie bilden Modellabläufe und nicht die realen Vorgänge an den Maschinen ab. In Betracht zu ziehen wären auch Hilfsmittel, wie sie in anderen Bereichen zur Anwendung kommen, wo eine unmittelbare visuelle Wahrnehmung zwar notwendig, aber nicht möglich oder beeinträchtigt ist. Dies betrifft nicht nur Anzeigengeräte, sondern vor allem auch technische Hilfsmittel wie Infrarotlicht, Röntgenstrahlen, Radaraufzeichnungen u.ä. Schließlich ist an die Entwicklung von Sensoren zu denken, die - im Unterschied zu den gegenwärtig hauptsächlich verfolgten Entwicklungen - nicht auf eine Automatisierung von Überwachungssystemen ausgerichtet sind, sondern auf eine möglichst differenzierte und vielfältige Übermittlung von Prozeßda-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

ten an den Maschinenbediener (vgl. den Beitrag von Dünnwald in diesem Band und Lennartz 1989).

(4) Bei der akustischen Wahrnehmung gilt ähnliches wie bei der visuellen Wahrnehmung. Auch hier fehlt es gegenwärtig an systematischen Entwicklungen für eine Erleichterung und Unterstützung. Naheliegende Maßnahmen wären z.B.: die Entwicklung eines differenzierten Lärmschutzes, bei dem zwischen belastenden und für die Orientierung im Arbeitsprozeß notwendigen Geräuschen unterschieden wird (bzw. durch die Arbeitskräfte unterschieden werden kann); ferner technische Hilfsmittel, wie etwa akustische Verstärkungen, die seitens der Arbeitskräfte je nach Bedarf genutzt werden können, wie auch die Transformation akustischer Signale in andere Darstellungsformen.

7. Perspektiven für zukünftige Entwicklungen

Abschließend seien nochmals einige generelle Grundsätze und Perspektiven für zukünftige Entwicklungen - wie sie sich aus unseren Befunden ergeben - zusammengefaßt. Auf detailliertere Ausführungen und Begründungen wird jeweils verzichtet, da sie sich in den einzelnen vorangegangenen Abschnitten bereits finden, und zwar unter dem Punkt d): Konsequenzen für die Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungstechniken.

(1) Eine "facharbeitsgerechte" Entwicklung von Programmierverfahren und Steuerungen greift zu kurz, wenn hiermit nur die Programmerstellung im engeren Sinne berücksichtigt wird. Ebenso wichtig ist die Wahrnehmung, Kontrolle und direkte Beeinflussung der konkreten Bearbeitungsprozesse an den Maschinen, beim Einfahren und im Automatikbetrieb. Sollen die Vorteile der Werkstattprogrammierung zum Tragen kommen (ebenso wie auch der Einsatz von Facharbeitern bei externer Programmierung), so ist es unabdingbar, daß das Erfahrungswissen der Facharbeiter als systematischer Bestandteil der Arbeit an CNC-Maschinen berücksichtigt wird. Dabei genügt es nicht, daß Betriebe sich der Bedeutung des Erfahrungswissens bewußt sind; es ist ebenso wichtig, die technischen und arbeitsorganisatorischen Voraussetzungen systematisch für den Erwerb von Erfahrungswissen und dessen Anwendung zu berücksichtigen.

(2) Eine facharbeitsorientierte Gestaltung von Programmierverfahren und Steuerungssystemen ist nicht gleichbedeutend mit einer möglichst weitgehenden "Vereinfachung" von Programmierverfahren und automatisierter Prozeßüberwachung. Wird dieser Weg eingeschlagen, so handelt es sich letztlich nicht um eine facharbeitsorientierte Gestaltung, sondern eher um das Bestreben, die Tätigkeit an der CNC-Maschine (auch bei Programmierung) auf Angelerntenniveau zu bringen. Hohe Anschaulichkeit, Bedienerführung, Technologievorgaben, automatische Prozeßüberwachung etc. erweisen sich in der Praxis sehr leicht weniger als Unterstützung der Facharbeiter, sondern eher als Behinderung. Sie beziehen sich weder auf die Fähigkeiten und Kenntnisse von Facharbeitern, noch geben sie dort eine Unterstützung, wo sie dringend erforderlich wäre. Speziell am Beispiel "mentaler Repräsentationen" zeigt sich deutlich: Facharbeiter sind keineswegs grundsätzlich darauf angewiesen, daß ihnen alles anschaulich und bildlich präsentiert wird; sie sind sehr wohl in der Lage, sich auch "abstrakt" ein "Bild" von den konkreten Abläufen zu machen. Diese Fähigkeit gehört zur Grundausrüstung von Facharbeitern, die auch bei konventioneller Fertigung unverzichtbar ist. Jeder Facharbeiter "sieht" z.B. bei Betrachtung der Konstruktionszeichnung bereits das "fertige" Werkstück und die notwendigen Arbeitsvollzüge. Ebenso ist es eine völlige Fehleinschätzung der Qualifikation von Facharbeitern, wenn es als notwendig erachtet und als Hilfe angesehen wird, daß Technologiedaten primär vom System vorgeschlagen und errechnet oder - wie dies teilweise anvisiert wird - die von den Facharbeitern eingegebenen Technologiedaten durch das System überprüft werden.

(3) Die Absicht, "facharbeitergerechte" Programmierverfahren und Steuerungen zu entwickeln sowie diese in der betrieblichen Praxis einzusetzen, ist ohne Zweifel positiv zu bewerten; jedoch muß sich eine solche Produktions- und Personalpolitik vor der Gefahr schützen, die Voraussetzungen, auf denen sie beruht, letztlich selbst zu unterminieren und zu zerstören. Als eine entscheidende Schwachstelle erweist sich hierbei die technische wie arbeitsorganisatorische Absicherung des Erwerbs und der Nutzung von Erfahrungswissen an CNC-gesteuerten Maschinen. Hersteller ebenso wie Anwender müssen sich entscheiden, auf was sie letztlich setzen und was sie anstreben: eine Reduzierung von Anforderungen an die Qualifikation der Arbeitskräfte bzw. eine weitmögliche Verringerung der Abhängigkeit von menschlichen Eingriffen, Erfahrungen und Wissen der Arbeitskräfte oder die Sicherung einer wirtschaftlichen und effizienten Pro-

duktion durch die Nutzung menschlicher Qualifikationen und der technischen wie arbeitsorganisatorischen Unterstützung ihres Erwerbs und ihrer Anwendung. Beide Wege können durchaus beschritten werden, aber jeweils nicht ohne Preis. Fatal wäre es jedoch, einerseits die Nachteile und Grenzen einer Automatisierung in der spanenden Fertigung - insbesondere bei Einzel-, Klein- und Mittelserienfertigung - zu sehen und berücksichtigen zu wollen, andererseits aber zugleich - zumeist unter der Hand - technische Entwicklungslinien zu forcieren, die de facto eher das Gegenteil bewirken.

(4) Bei Werkstattprogrammierung besteht somit gegenwärtig die Gefahr, daß ein Konflikt, wie er bereits bei externer Programmierung festgestellt wurde, eher noch verschärft als reduziert wird: Wesentliche Vorteile des Einsatzes von Facharbeitern an CNC-Maschinen und der Programmierung an der Maschine ergeben sich für Betriebe aus dem Erfahrungswissen der Facharbeiter, d.h. ihrer Fähigkeit, fehlende (meßtechnisch ermittelte) Daten und Parameter selbständig zu ergänzen sowie Daten situationsspezifisch zu modifizieren, vor allem aber zu beurteilen, d.h., in einen Kontext zu stellen. Vorgesetzte auf Produktionsebene sind sich dessen zumeist bewußt; auf höheren Ebenen des Managements nehmen demgegenüber die Begründungen für den Einsatz von Facharbeitern sowie die Programmierung vor Ort vielfach nur teilweise und indirekt hierauf Bezug. Genannt werden Zeitersparnis, soziale Qualifikation der Facharbeiter wie Verantwortungsbewußtsein und Zuverlässigkeit. Wird explizit auf das Erfahrungswissen Bezug genommen (typische Aussage: "Ein erfahrener Facharbeiter, der weiß das."), so wird zumeist davon ausgegangen, daß es sich um einen einmal erworbenen Wissensschatz handelt, der beliebig und dauerhaft genutzt werden kann. Gerade dies ist aber eine erhebliche Fehleinschätzung. Bei Entscheidungen zur Produktionsplanung, Fertigungsorganisation bis hin zur Beschaffung neuer Maschinen besteht damit die Gefahr, wichtige Voraussetzungen, auf denen die Vorteile des Einsatzes von Facharbeitern an CNC-Maschinen und der Werkstatt-Programmierung beruhen, eher zu gefährden als systematisch abzusichern und auszubauen.

(5) Zur Lösung der hier angesprochenen Probleme wären sowohl eine Vertiefung arbeitswissenschaftlicher Kenntnisse als auch technische Innovationen notwendig.

Zur Präzisierung und Konkretisierung von Anforderungen an technische Gestaltungsmaßnahmen ist es notwendig, die bisherigen Erkenntnisse zur Rolle des Erfahrungswissens an CNC-Maschinen weiter zu vertiefen und insbesondere differenzierter aufzuzeigen, auf welchen Grundlagen Erfahrungswissen an CNC-Maschinen beruht, welche Informationen bzw. Informationsquellen im Bearbeitungsprozeß für die Arbeitskräfte wichtig sind (welche Geräusche, Lichtreflexe, Vibrationen etc.), und in welchen Formen sie für eine angemessene Orientierung den Arbeitskräften zugänglich sein müssen. So bedeutet z.B. ein ausreichender Sichtkontakt nicht zwangsläufig, daß dieser in gleicher Weise wie an konventionellen Maschinen gegeben sein muß. Entscheidend ist aber, herauszufinden, welche Vorgänge (Objekte) wahrgenommen werden müssen, und welche Merkmale oder Effekte hier wiederum für eine angemessene visuelle Wahrnehmung ausschlaggebend sind (z.B. "indirekte Wahrnehmung" durch Lichtreflexe, Schattierungen, Umrisse etc.), beispielsweise um Merk- oder Orientierungspunkte zu sein für den Aufbau mentaler Repräsentationen, die handlungsbestimmend und handlungsbegleitend sind.

Des weiteren wären solche Erkenntnisse nach unterschiedlichen betrieblichen Situationen und Anforderungen zu differenzieren; ebenso auch hinsichtlich unterschiedlicher beruflicher Vorerfahrungen der Arbeitskräfte. Vieles weist darauf hin, daß an CNC-gesteuerten Maschinen gegenwärtig unterschiedliche Formen erfahrungsgeleiteten Handelns miteinander konkurrieren, und es für die Arbeitskräfte bislang kaum möglich ist (bzw. sehr schwierig ist), eine in sich kohärente Form erfahrungsgeleiteten (subjektivierenden) Arbeitshandelns an CNC-Maschinen zu entwickeln, das sowohl den Ähnlichkeiten wie auch den Unterschieden zur Tätigkeit an konventionellen Maschinen angemessen Rechnung trägt. Gleichwohl zeigen unsere Befunde, daß hierzu eine Reihe von Ansätzen bestehen. Doch stehen z.T. noch vielfach neu entwickelte Formen erfahrungsgeleiteter Arbeit (z.B. Aufbau handlungsbestimmender und handlungsbegleitender mentaler Modelle, Verkoppelung von Programmieren und Einfahren) relativ unvermittelt neben eher traditionellen Vorgehensweisen, die an der CNC-Maschine - beim gegenwärtigen Stand der Entwicklung - teils nur unter erschwerten Bedingungen oder Umgehung von Unfallvorschriften praktiziert werden können.

Seitens der Ingenieurwissenschaften wäre insbesondere danach zu fragen, durch welche technischen Medien etc. die an CNC-gesteuerten Maschinen

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

notwendige sinnliche Wahrnehmung der Bearbeitungsprozesse unterstützt werden könnte. Notwendig wären hierauf bezogene Recherchen zu technischen Entwicklungen, wobei Entwicklungen in anderen Bereichen außerhalb der industriellen Fertigung ebenso aufgegriffen werden müßten wie Entwicklungen in anderen Produktionsbereichen, wie z.B. der Prozeßindustrie u.ä., wo bereits seit längerem Erfahrungen zu hochtechnisierten bzw. technisch mediatisierten Arbeitstätigkeiten bestehen. Darüber hinaus wäre es notwendig, neue technische Entwicklungen und Konzepte in die hier geforderte Richtung einzuleiten (vgl. ausführlicher hierzu den Beitrag von Dünnwald in diesem Band sowie Lennartz 1989).

Thomas Hoffmann, Hans Martin

CNC-Steuerungen im Vergleich - Eigenschaften von CNC-Steuerungen zur Dreh- und Fräsbearbeitung

Inhalt

1. Steuerungsart
2. Ein-/Ausgabe
3. Handbetrieb
4. Programmierung
5. Einfahren und Testen
6. Programmbetrieb
7. Sicherheitskonzept
8. Integration
9. Werkstattumgebung
10. Prozeßtransparenz
11. Simulation
12. Qualifizierung

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Für die Werkstattprogrammierung sind die ergonomische Gestaltung von Ein- und Ausgabe, die Handhabung der Maschine beim Einfahren, die Dialogtechnik für die Programmerstellung, -prüfung und Prozeßüberwachung sowie die leichte Aneignung des Programmierens durch die Arbeitskraft bedeutsam. Um Anwendern von CNC-Technik eine Orientierungshilfe über diese Aspekte zu geben, hat das Fachgebiet Arbeitswissenschaft der Gesamthochschule Kassel marktgängige CNC-Steuerungen zur Dreh- und Fräsbearbeitung untersucht. Bevor die Untersuchungsergebnisse tabellarisch dargestellt werden, sollen die einzelnen Bewertungskriterien kurz erläutert werden.

1. Steuerungsart

Beim Kriterium Steuerungsart wird zwischen universell und speziell ausgelegten CNC-Steuerungen sowie der Anzahl der steuerbaren Achsen differenziert.

Unter Universalsteuerungen werden Steuerungen verstanden, deren Hardware für verschiedene Bearbeitungsverfahren, wie z.B. Fräsen, Drehen oder Bohren, identisch aufgebaut sind, die im Aussehen wenige Unterschiede aufweisen und durch Austausch elektronischer Steckkarten für das jeweilige Fertigungsverfahren umgerüstet werden können. Drehsteuerungen sind CNC-Steuerungen, die ausschließlich für die Drehbearbeitung entwickelt wurden und spezifische Funktionen des Drehens softwaremäßig unterstützen (z.B. winkelmäßige Festlegung des Gewindeansatzes, bezogen auf eine Wellennut). Frässteuerungen mit Bohrapplikation sind Steuerungen, deren Hard- und Software vorwiegend für das Fertigungsverfahren Fräsen ausgelegt sind.

Beide Konzepte - Universalsteuerungen und dezidierte Steuerungen - beinhalten unterschiedliche Vorteile. Werden mehrere Fertigungsverfahren in einer Werkstatt angewandt, bietet das erste Konzept die Gewähr einer gleichen Benutzungsoberfläche bei verschiedenen Fertigungsverfahren. Das zweite Konzept bietet die Möglichkeit, durch eine optimale Abstimmung zwischen Hard- und Software anwenderspezifische Problemstellungen in die Steuerung zu implementieren. Dies kann eine besonders für die Fräsbearbeitung arrangierte Benutzungsoberfläche (z.B. eine anschauliche 3D-Grafik) oder die Hinzunahme besonderer, zur Fräsbearbeitung not-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung eV.

wendiger Betriebsartenschalter bzw. zusätzlicher Softkeytasten zur besseren Handhabung der bei der Fräsbearbeitung recht zahlreich vorhandenen Routinen oder Zyklen sein.

Des weiteren werden beide Steuerungsarten nach der Anzahl der maximal steuerbaren Achsen je Maschine unterschieden. Dieses Kriterium gibt Auskunft über die Einsatzbreite der Verwendung der jeweiligen Steuerung. Ist die Steuerung beispielsweise geeignet, 2D- oder 3D-Bearbeitungen mit Freiformflächen durchzuführen, oder ist sie in der Lage, ein ganzes Bearbeitungszentrum zu steuern? Unterschieden wird weiterhin, wieviele Achsen für das Werkzeug und wieviele Achsen für das Werkstück angesteuert werden können. Hierdurch werden Aufschlüsse über die Einsetzbarkeit der Steuerung und die Komplexität der mit dieser Steuerung bearbeitbaren Werkstücke ermöglicht.

Ein weiteres großes Einsatzgebiet wird mit der Frage nach der Möglichkeit des Einsatzes als Kopiersteuerung erschlossen. Viele Freiformflächen werden auch heute noch mittels handgeformter Modelle abgearbeitet, wobei interessant ist, ob die Kopiersteuerung auch den DNC-Betrieb zuläßt und somit als Übergangslösung für eine komplexe Teilebearbeitung anzusehen ist.

2. Ein-/Ausgabe

Dieses Kriterium erfaßt die dem Menschen direkt zugängliche Schnittstelle der Ein- und Ausgabe, wobei ausschließlich Hardware-Kriterien abgefragt werden. Unterschieden werden Anzeigen, Zusatzpositionsanzeigen und Tastaturen.

a) Anzeigen

Betriebszustände, Hilfen und weitere Informationen werden dem Benutzer vor allem durch die optischen Informationsträger Bildschirm oder Display (Digitalanzeigefelder) übermittelt.

Ist ein Bildschirm vorhanden, so wird gefragt, ob dieser auch grafikfähig ist. Die Grafikfähigkeit ist eine Voraussetzung für die Übermittlung von

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN

geometrischen Informationen, beispielsweise anhand von Skizzen oder bei der Generierung von Werkstückkonturen. Eine möglichst große Anzahl der Bildpunkte erhöht die Komfortabilität der grafischen Anwendungsbreite und steigert die Abbildungsgenauigkeit. Gute Grafikbildschirme verwenden Bildpunktraster von mindestens 1024 x 1024 Bildpunkten. Die Bilderzeugungsfrequenz gibt Auskunft über die mögliche Beeinträchtigung des Sehapparates des Benutzers: Zu geringe Frequenzen (unter 70 Hz) bewirken durch unbewußte Wahrnehmungen des Flimmerns eine beschleunigte Ermüdung. Die Bildschirmgröße bestimmt Anwendungsbreite und Möglichkeiten des Grafikeinsatzes und das Maximum des Informationsangebotes. Eine Bildschirmgröße von 14 Zoll sollte dabei als Mindestwert nicht unterschritten werden, da ansonsten entweder bei gut lesbaren Zeichen nicht genügend Informationen pro Bildschirmseite übermittelt werden können oder bei normaler Informationsdichte die Zeichen zu klein werden. Zu große Informationsdichte belastet das Auge bei den meist vorgegebenen Sehentfernungen durch ständige Akkomodationsvorgänge übermäßig stark. Schnelles Ermüden ist die (kurzfristige) Folge. Der Antireflexbelag bzw. -schirm soll in der Werkstatt oft vorhandene ungünstige Lichtverhältnisse ausgleichen, die zu Reflexionen auf dem Bildschirm führen können.

Ist der Bildschirm mehrfarbenfähig, läßt sich der Informationsgehalt einer Bildschirmmaske steigern. Besitzt die Steuerung nur einen einfarbigen Bildschirm, wird gleichzeitig nach der Farbe des Bildschirms gefragt. Hier ist anzumerken, daß rote und grüne Zeichendarstellung vom Auge bei gleicher Lichtintensität (Leuchtdichte) schlechter wahrgenommen werden als orangegelbe Farbtöne. Eine positive Zeichendarstellung mit dunklen Zeichen auf hellem Untergrund ist der negativen vorzuziehen, da sie den Sehgewohnheiten bezüglich schriftlicher Informationsübertragung entspricht, und somit keine umfangreichen Adaptionssprozesse des Auges eingeleitet werden müssen, die außerdem dann besonders ermüdend wirken, wenn negativ dargestellte Informationen auf dem Bildschirm laufend mit positiv gedruckten schriftlichen Unterlagen verglichen werden müssen. Hinzu kommt, daß bei Positivdarstellung Spiegelungseffekte gegenüber Negativdarstellung verringert auftreten oder ganz wegfallen.

Auf Displays (Digitalanzeigefelder) sind Buchstaben, Zahlen und bestimmte Zeichen (meist Rechenzeichen) darzustellen. Displays sind in der Regel nicht grafikfähig. Unterschieden werden Displays mit Flüssigkri-

stallanzeige (LCD) oder Leuchtdiodenanzeigen (LED). Der Nachteil der LCD's besteht in der schlechten Lesbarkeit bei schräg einfallendem Licht. LED's lassen sich bei starker Beleuchtung schlecht erkennen. Sie werden heute meist mit rot leuchtenden Dioden angeboten. Gerade rote Dioden sind für das menschliche Auge jedoch besonders schlecht erkennbar. Günstiger wären hier Farben mit Wellenlängen im maximalen Empfindlichkeitsbereich der Sehrezeptoren, wie beispielsweise orangegelb (vgl. Bildschirmfarbe). Die Anzahl der Anzeigestellen gibt Auskunft über die Informationsmenge, die auf einmal im Display übermittelt werden kann. Displayanzeigen sind oft so gestaltet, daß sie getrennt von Programmanzeigen als feste Achspositionsanzeigen und zusätzliche Programmanzeigen vorhanden sind. Gefragt wird nach deren Anzahl, um die Informationsvielfalt der Anzeige einschätzen zu können.

Beim Vergleich zwischen Bildschirm- und Displayanzeigen besticht der Bildschirm durch Universalität und ein wesentlich breiteres Anwendungsspektrum (Grafik, Softkeys, Farbenvielfalt, Simulationsmöglichkeiten usw.). Eine sinnvoll und übersichtlich gestaltete Displayanzeige kann jedoch durchaus brauchbarer sein als konfuse Bildschirmmasken und unverständliche Grafiken.

b) Zusatzpositionsanzeigen

Zusatzpositionsanzeigen sind Anzeigen, die zusätzlich zu Bildschirm- bzw. Displayanzeigen angebracht werden, z.B. separate Werkzeugpositionsanzeigen oder separate Maschinenzustandsanzeigen. Sie können als Großdisplayanzeige an gut sichtbarer Stelle positioniert sein. Werden die Zusatzpositionsanzeigen über Bildschirm vermittelt, so kann dies entweder über einen separaten Bildschirm geschehen, oder im vorhandenen Bildschirm wird - beispielsweise im Betriebszustand Zerspanung - eine besondere Bildschirmmaske aufgelegt. Für diese Anwendung hat eine wählbare Spreizschrift den Vorteil, daß sie aus größeren Entfernungen noch gut lesbar ist.

c) Tastaturen

Die Tastatur hat innerhalb der Schnittstelle Benutzer-Steuerung die Funktion des Eingabemediums von Informationen des Benutzers. Eine ergonomische Gestaltung der Tastatur ist daher unumgänglich.

Als Eingabeelemente werden Tasten und Schalter bezeichnet. Die Anzahl der Eingabeelemente gibt einen Anhaltswert über die Vielfältigkeit einer Steuerungsoberfläche. Wichtig ist auch die Eingabeebene der Tastatur. Schräge Tastaturen, deren Neigung zusätzlich noch einstellbar ist, gelten als ergonomisch günstig. Ihr Nachteil liegt in der leichten Verschmutzbarkeit. Den Vorteil, gut gereinigt werden zu können, haben Folientastaturen, ein Umstand, der ihnen in der Werkstatt weite Verbreitung verschafft hat. Knopftastaturen sind jedoch beliebter, weil der Benutzer über die taktile Rückmeldung genau weiß, ob eine Taste getroffen wurde und ob die Tastenfunktion aktiviert wurde. So ist eine nichtvisuelle Orientierung mittels des Tastsinns möglich. Dieser Vorteil ist nicht zu vernachlässigen, da sich der Blick des Benutzers länger und ungestörter dem Wesentlichen, nämlich dem Zerspanungsvorgang oder der Anzeige, widmen kann.

Eine Tastatur soll ein getrenntes Tastenfeld für die Maschinenfunktionen beinhalten. Ein numerischer Tastenblock zur Eingabe von Zahlenwerten sollte zusätzlich separat angebracht sein, um Zahleneingaben schnell und fehlerfrei zu ermöglichen. Werden Tasten gedrückt, kann der entstandene Kontakt durch akustische Eingabekontrolle mittels hörbaren Knackens oder elektronischer Zusatzgeräusche signalisiert werden. Ersteres ist aus ergonomischer Sicht zu bevorzugen.

Sind Tasten beschriftet, sollte dies in der jeweiligen Landessprache erfolgen, damit Verständigungsschwierigkeiten abgebaut werden und die Einarbeitung der Mitarbeiter einfacher wird. Viele Hersteller bieten je nach Einsatzland unterschiedlich beschriftete Tastaturen an. Ein weiteres Kriterium ist, ob Tastenfunktionen symbolisiert sind. Darüber hinaus ist es sinnvoll, einzelne Bereiche der Tastatur farblich voneinander abzuheben. Dadurch wird die Orientierung erleichtert und die Fehlerhäufigkeit vermindert.

d) Zusatzeingabemöglichkeiten

Zusatzeingabemöglichkeiten wie Rollkugel oder Maus sind sinnvoll, um Bildschirmmasken schnell und bequem abarbeiten zu können. Der Nachteil dieser Eingabemöglichkeiten liegt in ihrer Störanfälligkeit durch Verschmutzung in der Werkstatt. Dieser Nachteil entfällt beim Joystick, der ebenfalls für grafische Manipulationen in direkt-manipulativer Dialogtechnik gut geeignet ist. Einige Steuerungen können nur fest in die Dreh- oder Fräsmaschine eingebaut werden. Es wird also nach der Beweglichkeit des Steuerungsgehäuses gefragt, die es dem Benutzer ermöglicht, die Steuerung in für ihn ergonomisch günstiger Arbeitshaltung zu handhaben oder bei größeren Maschinen je nach Werkstückgröße und Bearbeitung zu schwenken. Die meisten beweglichen Steuerungen sind zwar schwenkbar, jedoch nicht höhenverstellbar, was unter dem Gesichtspunkt der Anpassbarkeit an verschieden große Benutzer oder unterschiedliche Arbeitspositionen nachteilig ist.

3. Handbetrieb

CNC-Steuerungen sollten die Möglichkeit bieten, die Werkzeugmaschine auch von Hand zu steuern. Dies sollte über bestimmte Tastaturbereiche möglich sein. Es sollten entsprechende Programmunterstützungen in der Steuerung implementiert sein. Die ansteuerbaren Achsen sollten durch Betätigung dafür vorgesehener Betriebsschalter von Hand verfahrbar sein. Dies kann einachsig, nur für eine Achse zu einem bestimmten Zeitpunkt, oder mehrachsig, für mehrere Achsen gleichzeitig, geschehen. Das Betätigen der vorgesehenen Schalter und die Maschinenbewegung sollte zeitgleich (synchron) geschehen. Der Spindelhandbetrieb dient zur Ansteuerung der Spindel (Spindeldrehzahl, Spindelbewegungen) ebenfalls von Hand über gesonderte gekennzeichnete Betriebsschalter.

Als elektronische Handräder werden Handräder bezeichnet, die in Aussehen und Form denen zur Vorschubeinstellung bei konventionellen Werkzeugmaschinen ähnlich gestaltet sind, jedoch den Vorschub über elektrische Widerstände regeln und am Steuerungsgehäuse befestigt sind. Beim Wegmaß verfahren werden im Gegensatz zu dem gerade beschriebenen Handbetrieb Werte in die Steuerung eingegeben, um deren Betrag eine Achse verfahren werden soll. Inkrement verfahren bedeutet, daß immer

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

um einen bestimmten Wert (Inkrement) weiter verfahren wird. Das Inkrement ist dabei frei wählbar.

CNC-Steuerungen bieten darüber hinaus noch weitere rechnergestützte Handverfahren an. Zu ihnen zählen z.B. Zirkular- und Parabelinterpolationen. Hierbei können ohne großen Programmieraufwand im Handbetrieb Unterprogramme aufgerufen werden, so daß es für den Benutzer leicht ist, Kreis- oder Parabelkonturen von Hand einzugeben. Eine Parabelkontur benötigt dabei als Eingabeinformation beispielsweise nur drei Stützstellen. Elektronische Werkstückvermessung von Hand und Antastfunktion bezeichnen elektronische Meßzyklen, die jederzeit vom Benutzer initiiert werden können.

4. Programmierung

Zur Unterscheidung von Programmiertechniken werden Kriterien herangezogen, die zum einen die elektronische Einsatzbreite und zum anderen die Benutzbarkeit der Steuerungssoftware im Kontext der Mensch-Maschine-Schnittstelle beschreiben.

a) Prozessor

Mit diesem Kriterium werden die technischen Möglichkeiten der Steuerungselektronik hinsichtlich Größe, Schnelligkeit und Datenverarbeitungsorganisation näher bezeichnet.

Die Adressbusbreite gibt an, wieviel RAM-Speicherplatz von der CPU (Central Prozessor Unit) direkt angesprochen werden kann. Die heute üblichen Adressbusbreiten betragen für CNC-Steuerungen mindestens (8 bis) 16-bit. Die meisten Systeme mit 16-bit-Adressbus-Systemen besitzen größere Speicherkapazitäten als 64 KByte. Um diese jedoch auch ansprechen zu können, ist eine Kombination mit den Ein-/Ausgabeinformationen (I/O) über die I/O-Schnittstelle notwendig, die üblicherweise auch an den Adressbus angeschlossen ist. Diese Kombination erfordert jedoch erheblichen Organisations- und Verwaltungsaufwand seitens der CPU, der wertvolle Rechnerzeit kostet, die dann z.B. für Simulationen im Echtzeitbetrieb oder für komplexe 3-D-Bearbeitungen nicht zur Verfügung steht.

Die Datenbusbreite (in bit) gibt an, welcher größter codierter Wert von der CPU gehalten werden kann. Ein 8-bit-Datenbus besitzt die Möglichkeit, 28=256 verschiedene Codekombinationen aufzunehmen. In der Regel liegt die Anzahl verarbeiteter Werte jedoch weitaus höher, so daß eine Zusatzcodierung notwendig wird, die jedoch nur auf Kosten der Rechnerzeit organisiert werden kann.

Die Speicherplatzgröße in KByte gibt die Größe des zu beschreibenden RAM-Speichers an, ebenso dessen Erweiterungsmöglichkeit.

b) Programmierverfahren

Das Kriterium Programmierverfahren differenziert vor allem zwischen verschiedenen Methoden der Programmierung von CNC-Werkzeugmaschinen.

Die menügesteuerte Programmierung erfordert keine Kenntnis einer Programmiersprache. Der Benutzer benötigt nur wenige über die erforderlichen Fachkenntnisse zum Drehen oder Fräsen hinausgehende Zusatzkenntnisse. Die Steuerungssoftware ist weitgehend "selbstbeschreibend" aufgebaut: Dem Benutzer wird mit Hilfe eines Menüs ein Frage- oder Vorschlagspaket unterbreitet, aus dem jeweils Antworten quittiert oder bestimmte Zahlenwerte eingegeben werden. Ist dies geschehen, wird der nächste Schritt bearbeitet. Ist ein Menü beendet, wird automatisch das nächste aufgerufen, bis alle für die Erstellung des CNC-Programms relevanten Parameter in die Steuerung eingegeben sind. Die Fragestellung und Benutzerführung geschieht dabei im allgemeinen im Klartext und/oder mit selbsterklärenden Symbolen. In Zusammenhang mit menügesteuerter Programmierung können direkt-manipulative Dialogtechniken Anwendung finden. Dabei werden auf dem Bildschirm durch Piktogramme bzw. symbolische Darstellungen visualisierte Objekte mit Hilfe einer Maus oder eines Joysticks ausgewählt und aktiviert, d.h. bestimmte Bearbeitungsabläufe ausgelöst. Diese Technik kann sowohl bei der Geometrieprogrammierung (Beispiel: Auswahl bestimmter Konturen oder Zyklen) als auch bei der Technologieprogrammierung (Beispiel: Auswahl eines Werkzeuges) zur Anwendung kommen.

Von dieser Art der Programmierung zu unterscheiden ist die Steuerdatenprogrammierung nach DIN 66025 oder nach verwandten Programmiersprachen. Es existieren auch Mischformen zwischen Menüprogrammierung im Klartext und Programmierung nach DIN 66025 in der Form, daß der Benutzer menügesteuert mit Klartexthinweisen sein DIN-Programm erstellen kann. Viele Steuerungen bieten mehrere Arten der Programmierung an.

c) Programmierhilfen

Als Programmierhilfen werden Informationshilfen und automatische Regelungen unterschieden.

Zu den Informationshilfen zählen Werkzeug-, Werkstoff- und Maschinendateien. Der Benutzer besitzt über die Steuerungstastatur und Anzeigen Zugriff auf Informationen darüber, welche Werkzeuge vorhanden und einsetzbar sind sowie über deren Standzeiten. Mit Hilfe der Werkstoffdatei können Angaben über Schnittgeschwindigkeiten ermittelt werden. Werden diese Daten mit denen in der Werkzeugdatei verglichen, können die Werkzeugstandzeiten verifiziert werden. Die Maschinendatei gibt Auskunft über die technischen Möglichkeiten der Werkzeugmaschine. Der Benutzer kann alle drei Dateien abfragen, um Auskünfte einzuholen. Weitergehende Möglichkeiten der regelbasierten Zuordnung von Werkstoffen und technologischen Werten bietet ein Technologieprozessor. Dem Benutzer werden z.B. Schnittwerte vorgeschlagen, die er bestätigen oder überschreiben kann.

Im Gegensatz dazu sind Schneidenradiuskompensation, Fräserradiuskompensation, Optimierung der Bahngeschwindigkeit, Ermittlung von Übergangskreisen und Störgrößenerfassung vollautomatische Regelungen. Die Störgrößenkompensationsmöglichkeit und die Abbruchroutinen bieten dem Benutzer Arbeitsfortsetzungsstrategien an, die von ihm initiiert werden müssen. Die Plausibilitätsprüfung ist wiederum eine automatische Hilfe, wobei die resultierenden Informationen über Programmierfehler (z.B. Schruppen im Eilgang) vom Benutzer mit Hilfe seiner fachlichen Kenntnisse interpretiert und korrigiert werden müssen. Geometrieprogrammierung auf der Basis von Grundtypen von Teilefamilien, die lediglich modifiziert und parametrisiert werden, ist eine weitere Programmier-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

hilfe, die jedoch an ein gegebenes betriebliches Teilespektrum anpaßbar sein muß: Dem Anwender muß es möglich sein, für seine Produkte typische Teilekonturen zu implementieren. Darüber hinaus sollte es leicht möglich sein, weitere Teilegrundtypen und Konturelemente als Makros zu definieren, um sie jederzeit verfügbar zu haben.

d) Eingabemodus

Die Benutzerführung sollte verständlich und in der jeweiligen Landessprache erfolgen. Werden Abkürzungen verwandt, so sollten sie selbsterklärend wirken ("Mnemotechnik"), beispielsweise "VOR" für Vorschub.

Die geometrieelementbezogene Eingabe hilft, Konturzüge durch Aneinanderreihen von Standardgeometrieelementen zu definieren. Diese Standardgeometrieelemente sind Module bzw. Unterprogramme des Programmiersystems und können mit (möglichst) geringem Dateneingabeaufwand aufgerufen und parametrisiert (mit Werten versehen) werden. Beispielsweise reichen Mittelpunktskoordinaten, Radius, Anfangs- und Endpunkt zur vollständigen Beschreibung der Größe und Lage eines Halbkreises aus, ohne daß umständlich die Kreisformel eingegeben werden muß. Die Koordinateneingabe sollte karthesisch und polar möglich sein, damit z.B. Koordinaten, die in einer Zeichnung polar vorliegen, nicht erst mühsam in karthesische Koordinaten umgerechnet werden müssen (oder umgekehrt). Die Maßeingabe sollte absolut, inkremental oder gemischt möglich sein.

Softkeys sind Funktionstasten, die ergonomisch am günstigsten unterhalb des Bildschirms angeordnet sind. Den Softkeys werden von der Steuerungssoftware jeweils entsprechend dem gerade aktuellen Betriebszustand bzw. Menü Funktionen zugeordnet. Diese Funktionen werden entweder als Klartext oder als selbsterklärende Symbole in einer am unteren Bildschirmrand befindlichen Softkeyleiste direkt über den Softkeytasten dargestellt.

In bestimmten Bildschirmbereichen sollten die zuletzt eingegebenen Programmsätze (Protokoll des jeweiligen Eingabeformats) angezeigt werden. Dies führt zu höherer Sicherheit beim Programmieren und erleichtert nach Unterbrechung der Programmiertätigkeit die Wiederaufnahme.

Die Geometriedaten der Roh- und Fertigteilkontur sollten von der Steuerung übernommen werden können und bei der Initiierung von Routinen, wie beispielsweise der Fräserradiuskorrektur, zugrunde liegen.

e) Dialogunterstützung

Dialoge können durch Klartextkommentare, mit Grafikunterstützung und auf der Basis direkter Manipulation vorgenommen werden.

f) Abrufbare Programmierunterstützung

Die abrufbaren Programmierunterstützungen liegen als Unterprogramme in der Steuerungssoftware vor. Da beim Fräsen, im Unterschied beispielsweise zum Drehen, die Formenvielfalt der zu bearbeitenden Werkstücke sehr groß sein kann, ist dort auch die Anzahl der Programmierunterstützungen höher. Diese Unterstützungen sind in der Anwendung einander ähnlich: Eine bestimmte Routine, wie beispielsweise das Taschenfräsen, wird aufgerufen, die Variablen zur eindeutigen Bestimmung werden eingegeben, und die Steuerungssoftware übernimmt diesen Programmschritt in das zu erstellende Programm. So wird der Programmieraufwand erheblich reduziert.

Die Zyklen Abspanen, Gewindeschneiden, Messen beim Drehen und Rechtecktaschenfräsen, Kreistaschenfräsen, Nutenfräsen, Rahmenfräsen, Ecken runden und Fasen beim Fräsen ersparen die zeitraubende Eingabe von geometrisch nicht unkomplizierten, jedoch häufig wiederkehrenden Programmteilen. Eingegeben und abgefragt werden nur die Daten (Parameter) zur eindeutigen Bestimmung und Identifizierung dieser Programmbausteine. Die weitaus komplexeren Verfahrstrategien (Algorithmen) sind bereits in der Steuerungssoftware implementiert. Dies gilt auch für die Programmierunterstützungen Vorbohren, Ansenken, Lochkreis, Spiegeln und Drehen. Nullpunktverschiebungen sollten translatorisch und rotatorisch möglich, in ihrem Betrag inkremental und absolut bestimmbar sein.

Die Programmierunterstützung weiches Anfahren soll helfen, im Eilgang möglichst nah an das Werkstück heranzufahren, den Schneidvorgang jedoch nur mit vorher eingegebenem Schneidvorschub zu beginnen. Sollen spitz zulaufende Formen gefräst werden, so ist ein Genau-Halt an der von der Steuerung gesondert zu berechnenden Spitze (Rundungsfehlerausgleich) notwendig, um diese in ihrer Form nicht zu beeinträchtigen.

g) Besonderheiten der Programmierung

Als eine Besonderheit der Programmierung gilt das Playback-Verfahren: Der Benutzer bearbeitet ein Werkstück komplett im Handbetrieb (siehe oben), dabei dokumentiert die Steuerung jeden einzelnen Bearbeitungsschritt und erstellt aus diesem Protokoll das NC-Programm. Beim Teach-in-Verfahren wird ebenfalls in der Betriebsart Handbetrieb gearbeitet. Jeder einzelne Bearbeitungsschritt wird von Hand optimiert. Die optimierte Version wird abgespeichert und der nächste Bearbeitungsschritt in Angriff genommen, optimiert, abgespeichert usw.

Die Anzahl der gleichzeitig ablegbaren Programme ist eine Größe, die in Abhängigkeit vom Programmspeicher zu sehen ist. Eine ausreichende Anzahl speicherbarer Programme erhöht den Benutzungs- und Programmierkomfort einer Steuerung. Der Benutzer kann ähnliche Teile, die vorher schon programmiert wurden, aus dem Speicher abrufen und daraus beispielsweise Rumpfprogramme erstellen. Auch besitzt jeder Benutzer die Möglichkeit, in "seiner" Steuerung eine eigene Bibliothek anzulegen, auf die er jederzeit zurückgreifen kann. Unter bestimmten Bedingungen wird dadurch die Einsatzbereitschaft der Werkzeugmaschine erhöht, viele Programme müssen nicht erst gesucht und überspielt werden. Ist ein Taschenrechner in der Steuerung integriert, kann der Benutzer fehlende, zum Programmieren aber unbedingt notwendige Maße mit Hilfe der Steuerung ausrechnen. Die Ergebnisse können direkt ins Programm übernommen werden, so daß Übertragungsfehler minimiert werden.

Dialogkommentare geben dem Benutzer wichtige Hinweise, welche Entscheidungsmöglichkeiten angeboten werden. Für den geübten Benutzer sollten diese Dialogkommentare abschaltbar sein, damit der Bildschirm nur mit wesentlichen Informationen belegt wird und der Programmiervorgang schneller durchgeführt werden kann. Hilfe-Funktionen sollten dem

Benutzer über eine spezielle Hilfe-Taste Informationen und Möglichkeiten zur Korrektur von Programmierfehlern anbieten oder ihm helfen, bestimmte Funktionen auszuführen, die ihm im Moment nicht geläufig sind, die aber im aktuellen Betriebszustand abgefragt werden. Hilfe-Funktionen sollten das mühselige Suchen in Betriebshandbüchern ersetzen und ggf. gezielt auf weitere Beschreibungen im Handbuch hinweisen. Greift der Benutzer auf Routinen oder Unterprogramme zurück, sollten Routinenkurzbeschreibungen abrufbar sein, die ihm den Umgang mit diesen Routinen erklären. Fehlerhinweise können im Fehlercode, sollen jedoch auch mit beschreibendem Text angezeigt werden. Die letztere Möglichkeit erspart häufig das Nachschlagen im Handbuch, die erstere beschleunigt die Programmierung für den geübten Benutzer.

Eine weitere Programmierbesonderheit stellt das zeilenweise Abfräsen von Werkstücken, vor allem bei der komplexen Bearbeitung von Freiformflächen, dar. Das Werkstück wird Schicht für Schicht abgefräst, der Benutzer verfolgt genau das Programm und kann bei Fehlern schnell eingreifen. Die automatische Übernahme vordefinierter Variablen (default-Werte) senkt den Programmieraufwand erheblich. Wird beispielsweise die Spindeldrehzahl einmal definiert, so wird sie solange automatisch in die folgenden NC-Programmsätze übernommen, bis entweder eine neue Drehzahl bestimmt oder der Befehl "Spindel-Aus" eingegeben wird. Durch den Zugriff auf Technologiedateien kann die Steuerung nach Eingabe des Werkstoffes eines Werkstücks und der Werkzeugnummer die Schnittgeschwindigkeit ermitteln und automatisch in das Programm übernehmen.

Bei der Eingabe von Geometriedaten (z.B. Rohteilkontur) ist die gemischte Eingabe von Bezugs- und Kettenmaße vorteilhaft, da beide Bemaßungsverfahren von Konstrukteuren benutzt werden. Ist eine CNC-Steuerung grafikfähig, besitzt sie einen Geometrieprozessor, dem ein implementiertes CAD-Modell zugrunde liegt. Zur Beschreibung eines Körpers kommt ein 2 D-, ein 2 1/2 D- oder ein 3 D-Modell als Kanten-, Flächen- und Volumenmodell in Frage. Beim 2 D-Modell werden nur Ansichten, Draufsichten und Schnitte des Körpers als Kanten- oder Flächenmodell verarbeitet und dargestellt. Das 2 1/2 D-Modell ermöglicht das "Hochziehen" einer Fläche um eine definierte Höhe. Mit einem 3D-Modell läßt sich ein Körper rechnerintern vollständig beschreiben und in seiner Darstellung beliebig rotieren. Beim Kantenmodell werden nur die Kanten eines erzeugten Körpers definiert, beim Flächenmodell sind es die

Außenflächen. Beim Volumenmodell liegt das gesamte Körpervolumen als rechnerinternes Repräsentationsmodell zugrunde. Auch nicht sichtbare Partien werden erfaßt und sind als mathematisch definierte Teile des Körpers im Repräsentationsmodell gespeichert. Üblicherweise werden beim Drehen Kantenmodelle und beim Fräsen Flächen- und Volumenmodelle als zugrunde liegendes CAD-Modell verwendet. Das Volumenmodell ist zwar eindeutiger und besser erkennbar, der für die Entwicklung erforderliche Programmieraufwand ist jedoch sehr hoch.

5. Einfahren und Testen

Erstellte Programme können komfortabel auf syntaktische Fehler hin untersucht werden. Jedoch würde nicht einmal ein erfahrener Programmierer ein NC-Programm ohne Testlauf, beispielsweise zur automatischen Serienfertigung, freigeben. Getestet werden kann ein Programm, indem ein Werkstück probeweise bearbeitet wird oder indem die Bearbeitung ohne Maschinenbewegung in der Steuerung simuliert wird. Dazu müssen von der Steuerung gewisse Programmodule und Hilfen bereitgestellt werden.

a) Grafik

Eine besondere Hilfe stellen grafikfähige Systeme dar. Visualisierte Konturen lassen sich sofort mit Vorlagen vergleichen, und Fehler können verhältnismäßig schnell erkannt werden. Die Darstellung der Rohteilkontur gilt als Voraussetzung grafischer Simulationen. Die Darstellung der Schnittaufteilung visualisiert die Bearbeitungsstrategie. Die Fertigteilkontur stellt den der Bearbeitung zugrunde liegenden Sollzustand dar. Wird eine Kontur abschnittweise programmiert, so erweist es sich als vorteilhaft, wenn jederzeit die bereits programmierte Kontur dargestellt werden kann, so daß eine optische Kontrolle schon während des Programmierens möglich ist.

Ist das Programm erstellt, kann der Bearbeitungsprozeß am Bildschirm simuliert werden. Dabei wird das Rohteilwerkstück Schritt für Schritt abgetragen, bis die Fertigteilkontur entstanden ist. Bei der Simulation kann das Werkzeug sichtbar oder unsichtbar sein. Systeme, die auch das Werkzeug im Einsatz darstellen, sind komfortabler, und die Darstellung des

Werkzeuges wirkt sich sicherheitserhöhend aus, beispielsweise wenn bereits bei der Simulation unnötige oder gefährliche Verfahrwege erkennbar sind. Dreidimensionale (3D-)Darstellungen entsprechen den menschlichen Sehgewohnheiten. Die bekannte Dreiseitenansicht einer technischen Zeichnung braucht vom Benutzer nicht erst kognitiv in ein Raummodell umgewandelt zu werden, das seiner Realitätserfahrung entspricht.

Wenn das dreidimensionale Bild auch gedreht werden kann, besteht die Möglichkeit, die programmierte Kontur visuell zu überprüfen. Dreidimensionale Darstellungen, insbesondere bewegliche, erfordern aber einen hohen Programmieraufwand zur Erstellung des in der Steuerung implementierten Programmiersystems sowie umfangreiche Rechnerkapazitäten (Speicherplatz und Rechengeschwindigkeit). Neben der Rotation des 3D-Bildes ermöglicht die Lupenfunktion, Ausschnitte aus dem Werkstück vergrößert darzustellen, z.B. um die Übergänge von gekrümmten in gerade Flächen kontrollieren zu können.

Im Normalfall zeigt die Grafik nur die Konturlinie. Um die Abmaße des programmierten Werkstückes mit der Vorlage vergleichen zu können, müssen die Maßangaben auch auf der Grafikdarstellung einblendbar sein. Dies ermöglicht eine abrufbare Vermaßung der Fertigteilkontur. Um Kollisionen mit Spannfutter, Maschinenschraubstock, Aufspannmittel, Maschinentisch, -bett, Werkzeugwechseleinrichtung oder Spritzwasserschutz zu vermeiden, sollten der Arbeitsraum, die Aufspannsituation und die programmierten Sicherheitszonen grafisch darstellbar und vom Programm kontrollierbar sein.

Von zentraler Bedeutung ist die einfache Handhabbarkeit der grafischen Simulation. Betriebliche Erfahrungen zeigen, daß davon oft ihre Nutzung überhaupt abhängt. Eine sinnvolle Farbcodierung sollte die grafische Simulation unterstützen.

b) Override-Funktionen

Erweisen sich programmierte Vorschubgeschwindigkeiten oder die Spindeldrehzahlen als falsch, können sie mittels der Override-Funktionen, meist mit Hilfe eines Drehknopfes, vom Benutzer während der Bearbeitung verändert werden.

c) Satzweise Bearbeitung

Der Einzelsatzbetrieb dient der Kontrolle eines Programms. Jeder programmierte Arbeitsschritt wird separat abgerufen und ausgeführt. Der Benutzer kann das Programm schrittweise überwachen und bei Programmfehlern sofort einschreiten. Dabei ist wichtig, daß zusätzlich zu dem gerade bearbeiteten Satz die Folgesätze angezeigt werden, um einen besseren Programmüberblick zu vermitteln. Werden Programmfehler in den Folgesätzen erkannt, sollten diese korrigierbar sein, bevor sie abgearbeitet werden.

d) Messung

Der Benutzer soll in die Lage versetzt werden, Bearbeitungsvorgänge zu unterbrechen sowie Werkzeug und Werkstück zu vermessen. Ist der Meßvorgang automatisiert, wird er vom Benutzer nur initiiert. Er kann intern oder extern erfolgen. Interne Meßregelung bedeutet, daß das Werkstück aufgespannt bleibt, und ein Meßfühler, der beispielsweise in den Spindelkopf eingespannt wird, das bearbeitete Werkstück abtastet und Soll- mit Ist-Werten vergleicht. Externe Meßregelung bedeutet, daß das Werkstück ausgespannt wird und zu einer speziellen Abtast- und Meßmaschine befördert wird, die das Werkstück vermißt.

Um Werkzeugbruch zu vermeiden bzw. durch Werkzeugverschleiß bedingte Abweichungen besser kompensieren zu können, ist es sinnvoll, während des Bearbeitungsprozesses die den Werkzeugverschleiß bewirkenden Einflußgrößen zu messen. Eine nicht abschließend geklärte Frage ist, welche dieser Einflußgrößen wie gemessen werden.

6. Programmbetrieb

Der Programmbetrieb kann durch Kriterien beschrieben werden, die dem Benutzer Hilfen während des automatischen Standardbetriebes oder während des Sonderbetriebes, beispielsweise nach Stromausfall oder Werkzeugbruch, anbieten.

a) Programmbetrieb (im Standardbetrieb)

Nach Unterbrechung eines Programms sollte der Programmstart an der Unterbrechungsstelle möglich sein. Parallelprogrammierung bezeichnet die Programmierung eines neuen Teils während der Bearbeitung eines anderen Werkstückes. Dies ist eine Form der "Mehrmaschinenbedienung". Unter Ändern von Befehlen während des Betriebes wird das Verändern von Programmen, z.B. die Korrektur von Programmfehlern bei laufender Maschine, verstanden.

Während der Bearbeitung sollte die Steuerung die Betriebszustände immer an derselben Stelle auf dem Bildschirm anzeigen (z.B. aktuelle Drehzahl oder Vorschubgeschwindigkeit). Die grafische Prozeßverfolgung am Bildschirm während der Bearbeitung dient der Erkennung der gerade vorhandenen Kontur sowie der Lage des Werkzeugs.

b) Sonderbetrieb

Wird die Bearbeitung beispielsweise durch Werkzeugbruch unterbrochen, muß die Steuerung nach Wiederherstellung der Betriebsfähigkeit in der Lage sein, ohne zusätzlichen Programmieraufwand die Bearbeitung an der Unterbrechungsstelle fortzusetzen.

7. Sicherheitskonzept

Kollisionen des Werkzeuges mit Teilen der Werkzeugmaschine, deren Peripherie oder an Stellen des Werkstückes, die gerade nicht bearbeitet werden, müssen vermieden werden. Um dies zu erreichen, sollten Sicherheitsbarrieren programmierbar sein, außerhalb derer sich das Werkzeug nicht bewegen darf. Der Werkzeugwechselpunkt bei automatisierten Maschinen darf ebenfalls nicht im Verfahrweg des Werkzeuges liegen. Für die automatische (menschenlose) Bearbeitung sollten über eine zusätzliche Sensorik besondere Sicherungen möglich sein.

Das Benutzungspult sollte laufend selbsttätig auf Funktionstüchtigkeit (beispielsweise der Anzeigenleuchten oder auf Tastaturausfall) überprüft werden. Auch die Hardware der Steuerung, Maschinen- und Hilfsfunktio-

nen, Temperaturen u.a. sollten ständig durch Diagnoseroutinen überwacht werden.

Wenn es zu Kollisionen kommt, muß die Steuerung mit Hilfe von Freifahrstrategien in der Lage sein, das Werkzeug in eine sichere Ausgangsposition zu verfahren. Grenzschnittleistungen, die bei der Bearbeitung bestimmter Werkstoffe nicht überschritten werden dürfen, sollten programmierbar sein. Werkzeug und Werkstück werden dadurch geschont, der Verschleiß wird reduziert.

8. Integration

Die fortschreitende zentralisierte Automatisierung hebt die bisherigen Insellösungen bei CNC-Werkzeugmaschinen auf. Zum einen werden für Teilefamilien mehrere CNC-Werkzeugmaschinen mit automatischen Transport- und Handhabungssystemen zu größeren flexiblen Fertigungssystemen (FFS) verbunden und damit die einzelne Maschine in ein lokales DNC-System integriert; zum anderen werden neue arbeitsorganisatorische Modelle erprobt, die eine Aufhebung tayloristischer Formen der Arbeitsteilung bedeutet und zu einer Integration verschiedener Arbeitstätigkeiten, d.h. zu ganzheitlichen Arbeitsinhalten, führt.

Dies könnte unterstützt werden durch Integration eines Werkstatt(fein)steuerungsmoduls in die CNC-Steuerung, das die Möglichkeit böte, über eine On line-Verbindung mit einem übergeordneten Leitstand und/oder PPS-System werkstattnahe Auftragsreihenfolge- und Kapazitätsplanungen zu realisieren. Eine weitere Anforderung auf der Grundlage fortschrittlicher Integrationskonzepte besteht darin, am Maschinenarbeitsplatz dieselbe Rechnerintelligenz wie an zentralen produktionsvorbereitenden Systemen zur Verfügung zu stellen. Alle Formen der Integration - die technischen und die organisatorischen - setzen bestimmte Funktionen der CNC-Steuerung voraus.

a) Programm- und Datenaustausch

Eine Steuerung ist dann mit einer anderen Steuerung kompatibel, wenn ein auf der einen Steuerung erstelltes Programm auf der anderen Steuerung das gleiche Ergebnis liefert.

Der Datenaustausch einer Steuerung mit einem werkstattnahen Programmierplatz oder einem DNC-Rechner kann on line oder über Datenträger, wie Lochstreifen, Magnetbandkassette oder Diskette, erfolgen. Ein zentrales Problem der CAD/NC-Kopplung stellt sich bei Übertragung von CAD-Daten an die CNC-Maschine: Wie wird mit Abweichungen der CAD-Daten von der Bearbeitungskontur verfahren? Beinhaltet der Datenaustausch die Geometriedaten mit Toleranzangaben bzw. Oberflächendaten? Vernetzungen von CAD-Systemen mit CNC-Steuerungen können den Programmieraufwand erheblich vermindern, transferieren jedoch möglicherweise Arbeitsaufgaben von der Werkzeugmaschine weg in vorgelagerte Arbeitsbereiche.

Betriebsdatenerfassungssysteme (BDE) stellen einen grundlegenden Baustein einer datentechnisch vernetzten Produktion dar. BDE-Systeme sollen Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen Informationen über den aktuellen Ist-Zustand in der Fertigung liefern, die die Grundlage einer möglichst zeitnahen Planungsstrategie (z.B. Maschineneinsatzpläne) bilden. Mit BDE-Systemen wird häufig versucht, möglichst alle Vorgänge in einer Fertigung zentral transparent werden zu lassen. BDE-Systeme erfassen z.B. den jeweiligen Betriebszustand einer CNC-Werkzeugmaschine, protokollieren Werkzeugstandzeiten oder Laufzeiten der Maschinen und identifizieren die in die CNC-Steuerung eingelesenen Programme.

Ausgehend von der nordamerikanischen Automobilindustrie wird mittlerweile weltweit, vor allem aber in der Automobilindustrie, an der Normung von Schnittstellen EDV-vernetzter Maschinen gearbeitet. Die MAP (Manufacturing Automation Protocol) genannte Schnittstellennorm ist derzeit noch in der Entwicklungsphase, so daß MAP-fähige Systeme mangels ausreichender Definition des MAP-Begriffes nur in wenigen Betrieben existieren. Es wird hier gefragt, inwiefern von CNC-Herstellern an dieser Entwicklung mitgearbeitet wird, ob die Steuerung schon MAP-fähig ist, oder ob die Steuerung über eine andere Schnittstelle zur Verarbeitung von CAD-Daten verfügt (z.B. IGES oder VDMA).

Wirklich vollständig möglich ist der Programm- und Datenaustausch zwischen verschiedenen Ebenen erst dann, wenn die Programme - unabhängig davon, wo sie erstellt wurden - in einem identischen Quellcode vorliegen. Erst dann können z.B. dezentral erstellte Programme problemlos zentral archiviert und gepflegt werden.

b) Dokumentation

Selbsthaltende Datensicherung bedeutet, daß bei Stromunterbrechung alle eingelesenen Daten in einem batteriebetriebenen Pufferspeicher gesichert werden. Variable Programmbenennung ermöglicht die individuelle Namensvergabe für Programme im Rahmen einer definierten Namenslänge. Dies hat den Vorteil, daß mit dem Programmname der Programminhalt assoziiert und Programme somit schneller wiedergefunden werden können.

Als Datenträger kommen für CNC-Programme Lochstreifen, Magnetband, Kompaktkassette, Minikassette oder Diskette in Frage. In früheren Zeiten wurde fast ausschließlich der Lochstreifen als Datenträger verwandt. Mittlerweile stehen andere Datenträger im Vordergrund. Lochstreifen erfordern mechanisch komplizierte Lochstreifenstanzer und Lochstreifenleser. Fehlerhafte Programme auf Lochstreifen lassen sich nur unter erheblichem Zeitaufwand korrigieren. Der Vorteil des Lochstreifens liegt in der visuellen Kontrollierbarkeit, Robustheit und "Anfassbarkeit" der Daten. Ein Plotter- und Druckeranschluß ermöglicht die gedruckte Ausgabe von Programmen auf Papier. Ein Plotter kann auch zur Zeichnungsausgabe verwendet werden. Lange Programme lassen sich nicht auf einer Bildschirmseite darstellen. Ein Ausdruck des Gesamtprogramms erleichtert deren Verfolgung z.B. bei der Fehlersuche. Der Programmausdruck kann dabei im DIN 66025-Format erfolgen oder exakt die angezeigten Bildschirmmasken beinhalten. Das DIN-Format erfordert gute Programmierkenntnisse. Der Ausdruck im Maskenformat erleichtert erheblich die Programmanalyse.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

c) Peripherie

An eine CNC-Steuerung können Zusatzgeräte angeschlossen werden. Diese werden als Peripherie bezeichnet. Ein vereinfachtes Benutzerpult zusätzlich dient entweder dem reinen DNC-Betrieb, oder es ermöglicht die Kontrolle der CNC-Steuerungen bei sehr großen, unübersichtlichen Maschinen von verschiedenen Stellen aus.

Produktidentifikationssysteme werden bei automatisch betriebenen und materialflußmäßig vernetzten Werkzeugmaschinen eingesetzt. Sie identifizieren Art und Lage der ankommenden zu bearbeitenden Werkstücke. Es gibt heute optische Systeme und Systeme auf Mikrowellenbasis zur Produktidentifikation. Die Ferndiagnose über Datennetze dient hauptsächlich dem Service von Werkzeugmaschinen. In der Werkzeugmaschine sind mehrere Meßsysteme installiert, die von der Steuerung angesprochen werden können. Die Meßdaten werden von der Steuerung über Datennetze (Telefon, Datex usw.) an große Rechneranlagen beim Werkzeugmaschinenhersteller weitergegeben. Diese Rechneranlagen besitzen eine umfangreiche Prüfsoftware, die den Servicemitarbeiter vor Ort mit Daten über eventuelle Mängel an der Werkzeugmaschine versorgt. Gleichzeitig werden diese Mängel protokolliert und können ebenfalls vor Ort abgerufen werden. Theoretisch kann die Werkzeugmaschine permanent vom Werkzeugmaschinenhersteller überwacht werden.

Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) sind Bestandteil jeder CNC-Steuerung. Sie passen die Ansteuerwerte der Maschinenfunktion aus dem NC-Programm den jeweiligen Antrieben der Maschine an, ersetzen Verdrahtungen und dienen beispielsweise der Ausgangskanalbelegung. Können diese SPS über das CNC-Tableau programmiert werden, so ist die Steuerung auch vor Ort an eine andere Werkzeugmaschine anschließbar. Können zusätzliche SPS etwa zur Steuerung von Handhabungsgeräten vom CNC-Tableau aus programmiert werden, so wird die Integration der CNC-Steuerung in Automatisierungskonzepte mit automatischem Werkstücktransport erheblich erleichtert.

9. Werkstattumgebung

Zur näheren Beschreibung der Werkstattumgebung werden Kriterien zur Kennzeichnung eines werkstattnahen Programmierplatzes verwendet.

a) Werkstattnaher Programmierplatz

Unter einem werkstattnahen Programmierplatz wird ein Arbeitsplatz zum Programmieren verstanden, der von den Werkzeugmaschinen getrennt in der Werkstatt bzw. in einem Meisterbüro oder sonst werkstattnahe eingerichtet ist. An diesem Programmierplatz können vom Werkstattpersonal kompliziertere und arbeitsaufwendigere Programme in ruhiger Umgebung erstellt werden. Der Vorteil liegt darin, daß die Werkzeugmaschine nicht blockiert und konzentriertes Arbeiten möglich ist. Werkstattnahe Programmierplätze können mit den CNC-Steuerungen der Werkzeugmaschinen vernetzt sein, so daß ein Überspielen der Programme on line möglich ist.

Ein werkstattnaher Programmierplatz kann mit verschiedenartigen elektronischen Hardwarekomponenten ausgestattet sein, entweder mit einem Personal Computer (PC), an dem mit Hilfe spezieller Software NC-Programme erstellt werden, oder mit einer mit der CNC-Steuerung an der Werkzeugmaschine identischen Rumpfsteuerung. Ebenfalls möglich ist die Verknüpfung des werkstattnahen Programmierplatzes mit einem Zentralrechner, dann besteht seine Hardware in der Regel aus Bildschirm, Tastatur und/oder Menütablett. Besitzt der werkstattnahe Programmierplatz die gleiche Benutzungsoberfläche wie die CNC-Steuerung an der Werkzeugmaschine, entfällt ein Einlern- bzw. Umgewöhnungsprozeß bei dessen Benutzung. Ein werkstattnaher NC-Programmierplatz ist CNC-steuerungsneutral, wenn sich an ihm mehrere (möglichst alle) vorhandenen CNC-Steuerungen programmieren lassen.

Werkstattnahe Programmierplätze sollten mit zusätzlichen Programmierhilfen ausgerüstet sein. Dazu zählt beispielsweise ein Programm zur Werkzeugverwaltung, das auf eine Datenbank zugreift, in der alle Werkzeuge gespeichert sind und in dem die Werkzeugstandzeiten überwacht werden. Als Technologiedateien werden beispielsweise Werkstoffdateien bezeichnet, auf die Hilfsprogramme zugreifen und mit entsprechenden

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Werkzeuginformationen einen Vorschlag zur Festlegung der Schnittgeschwindigkeit unterbreiten können. Die Auf-/Einspannvorrichtungsverwaltung enthält alle Informationen über die vorhandenen Spannmittel. Ein eigenes CAD-System erleichtert die Erstellung geometrischer Konturzüge oder die Veränderung von Werkstückgeometrien.

b) Anwenderspezifische Systemgestaltung

Zur anwenderspezifischen Systemgestaltung werden Kriterien gebildet, die nicht zur Programmerstellung, wohl aber zur Gestaltung des Programmierplatzes verwendet werden. Ein wesentliches Element einer anwenderspezifischen Systemgestaltung ist die Maskengenerierung. Je nach betriebsspezifischer Aufgabenstellung können Informationen in einer Bildschirmmaske abweichend von den Vorgaben des CNC-Steuerungsherstellers zusammengefaßt werden. So können neue Werkzeuge in neue Masken aufgenommen und dargestellt oder zusätzliche Werkzeughalterungen programmäßig gespeichert und in vom Anwender erstellten Masken zur Programmierung herangezogen werden. Es lassen sich mit solchen Maskengeneratoren auch einheitliche Benutzungsoberflächen für verschiedene Steuerungen erstellen, die den Wechsel zwischen verschiedenen Werkzeugmaschinen erleichtern.

Als zweites wesentliches Element einer anwenderspezifischen Systemgestaltung ist die Dialoggestaltung zu nennen. Insbesondere die DIN 66234, Teil 8, gibt viele Hinweise zur Dialoggestaltung, die meist noch nicht bei CNC-Steuerungen berücksichtigt sind. Eine betriebsspezifische Dialoggestaltung ermöglicht sowohl die Berücksichtigung dieser Grundsätze als auch die Beibehaltung betriebsindividueller Arbeitsweisen. Dabei kann sowohl der Informationsgehalt der Masken als auch der Erläuterungstext an den spezifischen Arbeitsablauf der Fertigung des jeweiligen Betriebes angepaßt werden. Zusammen mit der Maskengenerierung stellt die Dialoggestaltung einen wichtigen Baustein für ein optimal zu gestaltendes Werkstattprogrammierungskonzept dar. Unter Grafikgenerierung werden Benutzerunterstützungen verstanden, die bei der Erzeugung von Konturen dem Benutzer Hilfestellungen geben; dazu gehört beispielsweise die Berechnung von Übergangsradien oder Tangentenschnittpunkten.

Ein werkstattnaher Programmierplatz sollte durch geeignete Datenbankstrukturen, verbunden mit Suchalgorithmen, die Möglichkeit eröffnen, Bibliotheken aus bereits erstellten Programmen anzulegen. Solche Programmbibliotheken erleichtern die Programmierung ähnlicher Teilespektren und können als Nachschlagewerk verwandter Verfahrstrategien Verwendung finden. Ferner sollten neben den Werkzeug-, Werkstoff- und Spannzeugdateien auch Textdateien anlegbar sein und verwaltet werden können, um spezifische Arbeitsabläufe abspeichern und abrufen zu können.

10. Prozeßtransparenz

Unter dem Kriterium der Prozeßtransparenz sind verschiedene technische Möglichkeiten der Unterstützung von Prozeßrückmeldungen zusammenfaßt. Dazu gehört die sensorische bzw. meßtechnische Erfassung von Prozeßparametern wie Temperaturveränderungen, Drehmomente an dem Hauptantrieb und den Nebenantrieben, laufende Erfassung des Werkzeugverschleißes, die visuelle Kontrolle des Bearbeitungsprozesses über synchrone Simulation oder - besser noch - vorlaufende Simulation während der automatischen Bearbeitung, direkte visuelle Kontrolle während des (satzweisen) Einfahrens von Programmen sowie Maschinenverkapselungen, die zwar den erforderlichen Sicherheitsstandards genügen, aber zugleich akustische Rückmeldungen ermöglichen. Diese könnten auch durch Schallaufnahmen direkt an der Geräuschquelle mit Mikrophonen und der direkten Übertragung über Lautsprecher zum Maschinenführer erfolgen. Für besondere Fälle wäre auch an Videoaufzeichnungen und deren simultane Übertragung auf den Bildschirm der Steuerungseinheit während des Bearbeitunsprozesses zu denken.

11. Simulation

Wegen des besonderen Stellenwerts, der der Simulation aufgrund eingeschränkter Prozeßtransparenz zukommt, wird diese als gesondertes Kriterium berücksichtigt, obwohl Möglichkeiten der Simulation auch in Zusammenhang mit anderen Bewertungs- und Gestaltungskriterien Erwähnung finden. Programm- und Prozeßsimulation hat - präventiv - insbesondere dreierlei zu leisten: eine Kollisionsprüfung des Werkzeugs mit den

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Spannmitteln oder Maschinenteilen im Arbeitsraum oder bei mehreren Werkzeugen zwischen diesen und den Spannmitteln, die Überprüfung der Geometrie (sowohl der Rohteilkontur als auch der Fertigteilkontur beim Programmtest) und die Überprüfung der voraussichtlichen Schnittkräfte im Verhältnis zu anderen Prozeßparametern wie Werkzeugart, Schneideform des Werkzeugs, Spantiefen bzw. -breiten und Schnittaufteilung. Neben der Simulation als präventives Prüfmittel gibt es bereits Formen der Real-Simulation, die eine synchrone Überwachung des Bearbeitungsprozesses am Bildschirm ermöglichen.

Sinnvoll ist hier ein Modus der Simulation, der auch eine vorlaufende Darstellung des Bearbeitungsprozesses ermöglicht (aufgrund des Programms und der aktuellen Maschinenzustände), um das Phänomen des "intuitiven Erahnens" von Prozeßveränderungen durch diese Information zu unterstützen. Verstärkt werden kann der Prüfeffekt der Simulation, insbesondere bei Überwachung geometrischer Formen, durch die Lupenfunktion sowohl bei präventiver Simulation als auch bei zeitsynchroner oder vorlaufender Simulation. Auf die Wichtigkeit einer einfachen Handhabbarkeit der Simulation zur schnellen Überprüfung wurde oben bereits hingewiesen.

12. Qualifizierung

Komplizierte Maschinen, wie CNC-Steuerungen, erfordern umfangreiche Einführungs-, Einarbeitungs- und Gewöhnungsprozesse des Benutzers. Hierfür ist ein ausgearbeitetes Schulungsprogramm von zentraler Bedeutung.

a) Einführungsschulung

Gefragt wird nach der Dauer der Schulung, und ob sie beim Hersteller oder beim Anwender stattfindet. Im Regelfall sollte ein standardisiertes Schulungsprogramm erarbeitet sein, das durch schriftliche Unterlagen den Lernprozeß beim Benutzer während der Einführungsschulung unterstützt. Einige Hersteller haben CNC-Simulatoren entwickelt, um die theoretischen Lerninhalte im praktischen Handeln am Simulator zu verfestigen. Diese Simulatoren sollten die gleiche Benutzungsoberfläche wie die CNC-

Steuerung aufweisen, damit die erprobten Handlungsabläufe direkt auf die reale CNC-Steuerung übertragen werden können.

An schriftlichen Unterlagen sollten erwachsenengerechte, anfängerorientierte Materialien vorhanden sein. Dazu gehört auch eine genaue Steuerungsbeschreibung. Lernerfolgskontrollen in Form von zu lösenden Übungen oder zu beantwortenden Fragen zählen ebenso dazu wie programmierte Unterweisungen, unter denen Übungsbeispiele mit speziell zu verdeutlichenden Problemstellungen verstanden werden. Andere Hersteller erproben die theoretischen Lerninhalte direkt an den Maschinen. Dies ist zwar aufwendiger und kostenintensiver, fördert aber die reale Umsetzung des erlernten Wissens in praktisches Handeln.

Zur Aktualisierung von gelerntem Wissen bieten einige CNC-Steuerungen Demonstrationsprogramme an, an denen sich der Benutzer während der Einarbeitungsphase im Betrieb orientieren kann. Sie werden aber auch schon während der Schulung eingesetzt, um deren Nutzen später zu erhöhen.

b) Einarbeitungshilfen

Nach der Einführungsschulung müssen dem Benutzer weitere Hilfen angeboten werden, während er sich in die Handhabung der Steuerung einarbeitet. Das Benutzerhandbuch sollte zwei Funktionen erfüllen. Dem ungeübten Benutzer sollte es ausführliche Informationen über die Steuerung und deren Programmierung bieten. Den geübten Benutzer sollte es als Nachschlagewerk schnell an seine Fragestellung heranführen. Dieser zweifachen Zielsetzung kann das Benutzerhandbuch durch eine strenge und klare systematische Gliederung, ein ausführliches Sachwortregister, umfangreiche Glossare und z.T. sich wiederholende Erläuterungen in verschiedenen Kapiteln gerecht werden.

Beim Programmieren bzw. im Programmbetrieb sollten über die Hilfe-Taste oder über Hilfe-Aufrufe erläuternde Beschreibungen zu den jeweils aktuellen Sachverhalten aus der CNC-Steuerung abrufbar sein. Diese Hilfefunktionen sollten so gestaltet sein, daß sie vor allem auch für den ungeübten Benutzer verständliche Erläuterungen sowie Hinweise auf weiterführende Erklärungen im Benutzerhandbuch (mit Seitenangaben) liefern. Zu-

sätzlich sollten Übungsbeispiele dem Benutzer eine Standardlösung für das auftretende Problem anbieten. Anhand von Standardlösungen kann er Fehler begreifen und korrigieren.

Bei der Programmerstellung lassen sich Diagnose- oder Fehlersuchprogramme (Debugger) aktivieren, die den Benutzer beim Auffinden von Fehlern unterstützen. Sie können die Programmanweisungen auf syntaktische Fehlerfreiheit und Plausibilität hin überprüfen. Dies bedeutet aber eine erhebliche Zunahme des Speicherbedarfs und der Programmausführungszeiten. Alle Benutzerführungsroutinen sowie Hilfe-Funktionen sollen abschaltbar sein, um den geübten Benutzer nicht mit unwesentlichen Informationen zu konfrontieren, die ihm nur hinderlich sind.

Im Anschluß sind in mehreren Tabellen die Plusprägungen der beschriebenen Kriterien zum einen für die auf dem bundesrepublikanischen Markt angebotenen CNC-Drehsteuerungen und zum anderen für Frässteuerungen zusammengestellt.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	GNC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poseiesta3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CNC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBH HACRO IBH Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
1 Steuerungsart																						
Universalsteuerung	j	j	j	j	j	j		n	n	n				j	j	n	j		j	j	j	j
Frässteuerung mit Bohrapplikation	n	n		j	j			j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j	j	n		
max. steuerbare Achsen je Maschine	12	12	7	8	8	6	32	9	12	4	8	15	4	8	12	5	26	8	8	6	6	26
simultan steuerbare Werkzeugachsen	12	12	5	8	5	6	8	3	5	4	4	15	var	var	6	3	8	6	8	6	4	12
simultan steuerbare Werkstückachsen	12	12	5	8	5				3	3	4	15	3	5		3	8	6	8	6	4	9
als Kopiersteuerung einsetzbar	j	j	v	n	n	j	j	n	j	j	n	o	n	o	j	j	n	n	n	o	n	o
2 Ein-/Ausgabe																						
2.1 Anzeigen																						
Bildschirm	j	j		j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
graphischer Bildschirm	n	n	j	j	j	j	j	n	v	v	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Bilderzeugungsfrequenz in Hz	50	50		50			75									48		50		50		
Bildschirmgröße in Zoll d. Diagonale	12	14	12	14	14	20	16	9	12	12	14	14	12	14	14	12	14	14	14	14	9	14
Antireflexbelag	j	j	j	j		j	j	j			n	n			j	n	j	n		j	j	j
einfarbiger Bildschirm	j	n	o	n		o	o	j	j	j	j	j	j	n		j	j		o	n	j	j
Farbe des Bildschirms	grün		grün	var	grau			grün	grün	grün	grün	grün				gold		schw	schw	var		
positive Zeichendarstellung	n	j	j	j	j			j	j	j	j	j		j	j	n	j		o		o	o
mehrfarbiger Bildschirm		j	j	j	j	j	j	n	v	v	o	o		j	j	n	j	j	o	j	n	j
Display	n	n		n	n	n	n	n	j	j	o	n	n	n	j	n	n	n	n	j	n	n
Flüssigkristallanzeige (LCD)			n	n	n	n	n		n	n	o	n	n	n			n		n	n	n	n
LED-Anzeige			n	n	n	n	n		j	j	n	n	n	n			n		n	n	j	j
Farbe der LED-Anzeige					weiß				rot	rot					gelb						rot	rot
Anzahl Anzeigestellen			2		7	7	7	8			8	8			var							
Anzahl Achspositionsanzeigen			7		6			3	12	12					var				8			
Anzahl zusätzlicher Programmanzeigen					6			6	2	2					var							
2.2 Zusatzpositionsanzeigen	o	o		j	j			j	n	n	n	n			n	n	n		n	j	o	o
separate Werkzeugpositionsanzeige	o	o	o	j	j	j	j	j	n	n			n	j			j	n	n	j	o	o
Spreizschrift wählbar	n		o	n	j	j	j	n	j	j			n	j			j	j	n	n	o	o
separate Maschinenzustandsanzeigen	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j			n	j	o		j		o	j	j	j
(Kühlmittel, Betriebstemp.,...)																						
2.3 Tastaturen																						
Anzahl Eingabeelemente (Tasten etc.)	57	9		37				35							var	63		71	37	76		
Eingabeebene senkrecht	j	j	j	j				j	j	j	j	j	j	j	j	j	j			j	o	o
Eingabeebene waagerecht	n	n		o				o	j	j	n	n	j	j	j	j	j			n	o	o
Eingabeebene schräg	n	n	j	j	j	j	j	o	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j		n	o	o
Knopftastatur	n	j		j	j			j	j	j	n	n	n	j		j		n	j	j	n	n

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens
1 Steuerungsart										
Universalsteuerung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Frässteuerung mit Bohrapplikation	n			o	j	j	j	j		
max. steuerbare Achsen je Maschine	17	17	6	10	4*4	12	4	4	12	30
simultan steuerbare Werkzeugachsen	10	10	4	10	4*3	4	1	1	4	6
simultan steuerbare Werkstückachsen	10	10	4	10	4*3	4	3	3	12	24
als Kopiersteuerung einsetzbar	o	o	n	n	n	n	n	n	o	o
2 Ein-/Ausgabe										
2.1 Anzeigen										
Bildschirm	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j
graphischer Bildschirm	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j
Bilderzeugungsfrequenz in Hz	50	50		56	63		63	63	63	63
Bildschirmgröße in Zoll d. Diagonale	12	14	14	14	12		9	12	12	12
Antireflexbelag	j	j	j		j		j	j	j	j
einfarbiger Bildschirm	j	j	j	j	j		j	o	j	j
Farbe des Bildschirms	grün		grün	var	grün		grün	grün	grün	grün
positive Zeichendarstellung	j	j	n		j		j	j	j	j
mehrfarbiger Bildschirm	n	j	j	j	o		n	o	o	o
Display			n	v	n	j	n	n	n	n
Flüssigkristallanzeige (LCD)	n	n		v	n	n	n	n		
LED-Anzeige	n	n		v	j	j	j	j	j	j
Farbe der LED-Anzeige					var	var	var	var	var	var
Anzahl Anzeigestellen						9x41				
Anzahl Achspositionsanzeigen				8		10				
Anzahl zusätzlicher Programmanzeigen										
2.2 Zusatzpositionsanzeigen	o	o	n	j	o	o	o	o	o	o
separate Werkzeugpositionsanzeige	o	o		j	o	j	o	o	o	o
Spreizschrift wählbar	o	o		n	j	n	j	j	j	j
separate Maschinenzustandsanzeigen	o	o		j	o	j	o	o	o	o
(Kühlmittel, Betriebstemp.,...)										
2.3 Tastaturen										
Anzahl Eingabeelemente (Tasten etc.)	8	8	69	75	38	101	46	74	74	74
Eingabeebene senkrecht			j	j	j	j	j	j	j	j
Eingabeebene waagerecht			j		n	o	n	n	n	n
Eingabeebene schräg			j		o	o	j	j	o	o
Knopftastatur	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	GMC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poseltest3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CNC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBM MACRO IBH Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
Folientastatur	j	n	j	n	n	j	j	n	n	n	j	j	j	n	j	n	j	j	n	j	j	j
Tastenfeld Maschinenfunktionen	j	j	j	o	j	j	j	j	n	n	o	o	n	n	j	o	j	j	j	j	j	j
numerischer Tastenblock zusätzlich	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j	n	o	j	j	j	j	j	j	j	j
akustische Eingabekontrolle	j	n	j	n	n	j	j	n	j	j	n	n	o	o	j	n	n	n	n	j	j	j
Tastenfunktion deutsch beschriftet	n	n	j	n	n	j	j	j	n	n	n	n	o	o	j	n	j	n	n	n	n	n
Tastenfunktionen symbolisiert	n	j		j	j	j	j	n	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
farbige Codierung der Tastatur	j	j	n	j	j	j	j	j	n	n	j	j	j	j		j	n	j	j	n	j	j
2.4 Zusatzeingabemöglichkeiten			v	j	n			n			n	n			n	n	j		j	n	o	o
Maus	n	n	v	n	n	j	j		n	n	n	n	n	o	j		j	n	n	n	n	n
Rollkugel	n	n		n	n				n	n	n	n	n	n	j		j	n	n	n	n	n
2.5 Steuerungsgehäuse																						
Steuerungsgehäuse fest eingebaut	o	o	j	j	n			j	j	j	o	o	1)	1)	j	j	n	j	j	j	n	n
Steuerungsgehäuse frei beweglich	o	o	o	j	j	j	j		n	n	o	o			j		j	n	n	j	j	j
3 Handbetrieb																						
einachsig simultan v. Hand verfahren	j	j		o		j		j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
mehrachsig simultan v.Hand verfahren	o	o	j	j	j		j	o	j	j	j	j	j	j	n	j	n	j	j	j	n	n
Spindelhandbetrieb	o	o	j	j	j	n	n	o	n	n	j	j	o	o	o	j	n	j	j	j	j	j
elektronische Handräder	j	j	j	j	j	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Wegmaß verfahren	j	j	j	j	j		j	j	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Inkrement verfahren	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
rechnergestütztes Handverfahren:																						
Zirkularinterpolation	n	n	j	j		j	j	j	j	j	n	n	j	j	j	n	n		j	n	n	n
Parabelinterpolation	n	n	j	n	o	o	j	n	n	n	n	n		j	j	n	n		n	n	n	n
Handeinzelsatz	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j		j	j	j	j
elektronische Werkstückvermessung:																						
von Hand	n	n	j	j	j			j	j	j	j	j	n	v	j	j	n		j	j	j	j
Antastfunktion	n	n	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	n	n	j	j	j		j	j	j	j
4 Programmierung																						
4.1 Prozessor																						
Adressbusbreite in Bit	16	16	24	32				16+1	22	22	16	32	8	32		16	32	1	2	32	32	32
Datenbusbreite in Bit	16	16	16			32		16+1	16	16	16	32					16	16	2	32	16	16
Speicherplatzgröße in kByte	64	64	2000	64	256	520	1000	256	256	256	1000	2000	20	32	64	54	20MB	256	32	30	256	256
mögl. Speichererweiterung in kByte	64	64	2000	320	4000	4000	8000	640			128	2000		256	192		40	2304	256	1200	256	256
4.2 Programmierverfahren																						
menügesteuerte Programmierung	n	n		j	j	j	j	n	n	n	o	o	n	j	j	n	n	j	n	j	j	j
Steuerprogrammierung nach DIN 66025	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j	o	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens
Folientastatur	n	n	j	j	n	n	n	n	n	n
Tastenfeld Maschinenfunktionen	j	n	j	n	j	j	j	j	j	j
numerischer Tastenblock zusätzlich		j	j	n	n	j	n	j	j	j
akustische Eingabekontrolle	n	n	j	n	n	n	n	n	n	n
Tastenfunktion deutsch beschriftet	n	n	o	'	o	n	o	o	o	o
Tastenfunktionen symbolisiert	j		j	j	j	j	j	j	j	j
farbige Codierung der Tastatur	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j
2.4 Zusatzeingabemöglichkeiten	n	j	n	n	n	n	n	n	n	n
Maus	n	o		n	n	n			n	n
Rollkugel	n	o		n	n	n			n	n
2.5 Steuerungsgehäuse										
Steuerungsgehäuse fest eingebaut	o	o		o	o	o	o	o	o	o
Steuerungsgehäuse frei beweglich	o	o	j	o	o	o	o	o	o	o
3 Handbetrieb										
einachsig simultan v. Hand verfahren	j	j		o	j	j	j	j	j	j
mehrachsig simultan v.Hand verfahren	o	o	j	o	n		j	j	j	j
Spindelhandbetrieb	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j
elektronische Handräder	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Wegmaß verfahren	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j
Inkrement verfahren	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
rechnergestütztes Handverfahren:										
Zirkularinterpolation	n	n	n	n	j	j	j	j	j	j
Parabelinterpolation	n	n	n	n	j	j	j	j	j	j
Handeinzelsatz	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j
elektronische Werkstückvermessung:										
von Hand	o	o	n	o	o	o	o	o	o	o
Antastfunktion	o	o	n	o	j	j	o	o	o	o
4 Programmierung										
4.1 Prozessor										
Adressbusbreite in Bit	20	20	32	32	16	16	16	16	16	16
Datenbusbreite in Bit	16	16	16	32	16	16	16	16	16	16
Speicherplatzgröße in kByte	1000	1000	128	80	4*32	32	16	32	32	32
mögl. Speichererweiterung in kByte	8000	8000	2000		1)	256	96	64	1000	1000
4.2 Programmierverfahren										
menügesteuerte Programmierung	n	o	j	o	j	j	j	j	j	j
Steuerprogrammierung nach DIN 66025	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) 4*128

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	CNC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poseletsa3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CNC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBH MACRO IBH Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
weitere Programmiersprachen			j	j		j	j	j	j	j	j	j			j	j	j	j	j			
4.3 Programmierhilfen																						
Werkzeugdatei	n	n	j	j	j	j	j	n	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Werkstoffdatei	n	n		v	j	o	o	n	o	o	o	o	n	o	j	n	n	n	n	j	j	j
Maschinendatei	n	n	j	j	j	j	j	n	n	n	o	o	n	o	j	n	j	n		j	n	n
Fräserradiuskompensation	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Optimierung der Bahngeschwindigkeit			j	n	j	o	j	j	j	j	o	o	n	o	j	j	j	j	n	j	j	j
Ermittlung von Übergangskreisen	j	j	j	j	j		j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j
Abbruchroutinen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	o	j	n	j	j		j	j	j
Störgrößenerfassung (z.B. Temp.,...)	o	o	j	j	j	j	j	o	j	j	o	o	n	n	j	o	j	j	o	j	j	j
Störgrößenkompensationsmöglichkeiten	o	o	v	j	j	v	j	o	j	j	n	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j
Plausibilitätsprüfungen	n	n	j	j	n	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j
4.4 Eingabemodus																						
Benutzerführung deutsch	n	n	j	j	j	j	j	n	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
mnemotechnische Abkürzungen	j	n	j	j		j	j	j	j	j	n	n	n	n	j	n	n	j	n	j	n	n
geometrieelementbezogene Eingabe	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	n	o	j	j	j	j	n	j	j	j
Koordinateneingabe polar	n	n	v	j	j	j	j	j	n	n	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Koordinateneingabe karthesisch	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
absolute Maßeingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
inkrementale Maßeingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
gemischte Eingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Softkeys	n	j	j	j	j	j	j	n	n	n	j	j	o	j	j	n	j	j	j	j	j	j
Anzeige der letzten Programmsätze	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j
Übernahme der Geometriedaten																						
- der Rohteilkontur	n	n		j	j			n	j	j	n	n		o	j	n	j		v	j	j	j
- der Fertigteilkontur	n	n	j	j	j			j	j	j	o	o		o	j	n	j		v	j	j	j
4.5 Dialogunterstützung																						
Klartextkommentare	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Dialoge mit Grafikunterstützung	n	n	n	j	j	j	j	n	v	v	o	o		j	j		j	j	n	j	j	j
direkte Manipulation	n	n	j	j	j	j	j	j	n	n	o	o			j	n	j	j	j	j	j	j
4.6 Aufrufbare Programmierunterstützung	n	n		j	j				j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Rechtecktaschenfräsen	o	o	1)	j	j	j	j	j	v	v	o	o	j	o	j	j	j	j	v	j	j	j
Kreistaschenfräsen	o	o	1)	j	j	j	j	j	v	v	o	o	j	o	j	j	j	j	v	j	j	j
Nutenfräsen	o	o	1)	j	j	j	j	j	v	v	o	o	j	o	j	j	j	j	v	j	j	j
Rahmenfräsen	o	o	1)	j	j	j	j	o	v	v	o	o	j	o	j	n	j	j	v	j	n	n
Eckenrunden	o	o	1)	j	j	j	j	j	v	v	o	o	j	o	j	j	j	j	v	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) mit frei programmierbarem Bibliotheksprogramm möglich

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens														
weitere Programmiersprachen	j	j			j	n	j	j	j	j														
4.3 Programmierhilfen																								
Werkzeugdatei	n	o	j	j	o	o	o	o	j	j														
Werkstoffdatei	n	o	j	j	o	o	o	o	o	o														
Maschinendatei	n	o	n	o	j	j	j	j	j	j														
Fräserradiuskompensation	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
Optimierung der Bahngeschwindigkeit	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j														
Ermittlung von Übergangskreisen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
Abbruchroutinen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
Störgrößenerfassung (z.B. Temp.,...)	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j														
Störgrößenkompensationsmöglichkeiten	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j														
Plausibilitätsprüfungen	n	o	j	o	o	o	o	o	o	o														
4.4 Eingabemodus																								
Benutzerführung deutsch	n	o	j	j	j	j	j	j	j	j														
mnemotechnische Abkürzungen	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j														
geometrieelementbezogene Eingabe	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j														
Koordinateneingabe polar	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j														
Koordinateneingabe karthesisch	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
absolute Maßeingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
inkrementale Maßeingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
gemischte Eingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
Softkeys	n	j	j	j	n	n	j	j	j	j														
Anzeige der letzten Programmsätze	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j														
Übernahme der Geometriedaten																								
- der Rohteilkontur	j	j	j	j	n	n	n	n	n	n														
- der Fertigteilkontur	j	j	j	j	n	n	n	n	n	n														
4.5 Dialogunterstützung																								
Klartextkomentare	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j														
Dialoge mit Grafikunterstützung	n	o	j	j	j	n	j	j	j	j														
direkte Manipulation	n	o	n	j	j	n	j	j	j	j														
4.6 aufrufbare Programmierunterstützung			j		j	j			j															
Rechtecktaschenfräsen	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j														
Kreistaschenfräsen	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j														
Nutenfräsen	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j														
Rahmenfräsen	o	o	j	o	o	o	o	o	o	o														
Eckenrunden	o	o	j	o	o	o	j	j	j	j														

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	CMC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O.M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poseleta3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CMC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBH MACRO IBH Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
Fasen	o	o	1)	j	j	j	j	j	v	v	o	o	j	o	j	j	j	j	v	j	j	j
Vorbohren	o	o	1)	j	j	j	j	o	j	j	o	o	n	n	j	o	j	j	v	j	j	j
Ansenken	o	o	1)	j	j	j	j	o	j	j	o	o	n	n	j	o	j	j	v	j	j	j
Lochkreis	o	o	1)	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	o	j	o	j	j	j	j	j	j
Nullpunktverschiebung																						
- absolut	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- inkremental	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
rotatorische Nullpunktverschiebung																						
- absolut	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	o	n	o	o	j	j	j	n	j	j	j
- inkremental	j	j	j	j	j			j	j	j	n	o	n	o	o	j	j	j	n	j	j	j
Spiegeln	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Drehen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o		v	j	j	j	j	j	j	j	j
weiches Anfahren	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j
Genau-Halt	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
4.7 Besonderheiten der Programmierung																						
Play-back-Betrieb	j	j	v	j		v	v	n	j	j	o	o	j	j	o	j	j	j	n	n	j	j
Teach-in-Betrieb	j	j	n	v		j	j	n	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	n	n	j	j
Anzahl simultan ablegbarer Programme	2)	2)	2)	var		var	var	64			99	999			2)	32	120	1000		256	9999	9999
integrierter Taschenrechner	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n	o	o	o	o	j	n	n	j	n	n	o	o
Berücksichtigung DIN 66234/8	n	n		j	j			j			n	n	j	j	j	n				o	n	n
Dialogkommentare abschaltbar	n	n	j	j	n			n	j	j	o	o	n	n	o	j	j	j	n	n	n	n
Hilfe - Funktionen	n	n	v	j	j	j	j	n	n	n	o	o	j	j	j	n	j	n	n	j	j	j
abrufbare Routinenkurzbeschreibung	n	n	v	n	j			n	n	n	o	o	j	j	o	n	n		n	j	j	j
Fehlerhinweise im Fehlercode	j	j		j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n		j	j	j	j	j
Fehlerhinweise m.beschreibendem Text	o	o	j	j	n				j	j	j	j			j	j	j	j	j	j	j	j
(selbstbeschreibungsfähig)																						
zeilenweises Abfräsen,Freiformfräsen	n	n	j	j	j	j	j	n	j	j	n	o	j	j	j	j	j	j	n	j		
Name der Programmiersprache zur Be-																						
nutzungsführung (z.B. Pascal,...)				CPL		C	C	4)			5)	6)			7)	8)	9)	10)	CPL	11)	11)	11)
automatische Übernahme von definier-																						
ten Variablen (default-Werte)	j	j	j	j	j			j	j	j	j	j	j	j		j	j	j	n	j	j	j
Programmverarbeitung compilierend	n	n		v	j						o	o	j	j	j	o	j		j	n	n	n
Programmverarbeitung interpretierend	j	j	j	j	j			j			o	o			j	j	j	j	n	j	j	j
zugrunde liegendes CAD-Modell			3D	2.5D		3)	3)								3D	3D						

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) Mit frei programmierbaren Bibliotheksprogrammen möglich 2) Von Speichergröße abhängig 3) Edicad(R) 4) LIP/GAP 5) Macro 6) Macro/C 7) Pascal 8) Heidenhain Dialog 9) Modula/C 10) Datel 11) Interne Sprache

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/G MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens												
Fasen	o	o	j	o	o	o	j	j	j	j												
Vorbohren	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j												
Ansenken	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j												
Lochkreis	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j												
Nullpunktverschiebung																						
- absolut	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j												
- inkremental	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j												
rotatorische Nullpunktverschiebung																						
- absolut	j	j	j	o	j	n	j	j	j	j												
- inkremental	j	j	j	o	j	n	j	j	j	j												
Spiegeln	j	j	j	v	j	j	j	j	j	j												
Drehen	j	j	j	v	j	j	j	j	j	j												
weiches Anfahren	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j												
Genau-Halt	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j												
4.7 Besonderheiten der Programmierung																						
Play-back-Betrieb	n	o	j	n	j	j	j	j	j	j												
Teach-in-Betrieb	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j												
Anzahl simultan ablegbarer Programme	1)	1)	2)	99	800	200	200	200	1000	1000												
integrierter Taschenrechner	j	j	n	j	j	n	o	o	o	o												
Berücksichtigung DIN 66234/8	n	n			j	j	j	j	j	j												
Dialogkommentare abschaltbar	n	o	j	j	j	j	n	n	n	n												
Hilfe - Funktionen		j	n	o	o	o	j	j	j	j												
abrufbare Routinenkurzbeschreibung		o	j	n	o	o	o	o	j	j												
Fehlerhinweise im Fehlercode	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j												
Fehlerhinweise m.beschreibendem Text	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j												
(selbstbeschreibungsfähig)																						
zeilenweises Abfräsen,Freiformfräsen	o	o	n	v	j	j	j	j	j	j												
Name der Programmiersprache zur Be-																						
nutzungsführung (z.B. Pascal,...)							3)	3)	3)	3)												
automatische Übernahme von definier-																						
ten Variablen (default-Werte)	j	j	j	o	o	o	j	j	j	j												
Programmverarbeitung compilierend	n	n		j	o	o	n	n	n	n												
Programmverarbeitung interpretierend	j	j	j		j	j	j	j	j	j												
zugrunde liegendes CAD-Modell	2D		3D		2D		2D	2D	2D	2D												

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) von der Speichergröße abhängig 2) 99999 3) CL 800

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = je
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	GNC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poselesta3 Grossenbacher Elek.	XNC Grossenbacher Elek.	CNC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBH MACRO IBH Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-güttinger	760 F Num-güttinger
5 Einfahren und Testen																						
5.1 Grafik																						
Darstellung der Rohteilkontur			n	j	j			n	n	n	n	n	n	o	o	j	j	j	n	o	v	v
Darstellung der Schnittaufteilung			n	j	j	v	o	n	n	n	o	o	n	o	o	j	j	j	n	j	j	j
Darstellung der Fertigteilkontur			n	j	j	j	j	n	n	n	o	o	o	o	j	j	j	j	n	j	j	j
Darstell.bereits programmier.Kontur			n	j	n	j	j	n	n	n	o	o	o	o	j	j	j	j	n	j	j	j
Prozeßsimulation Werkzeug sichtbar			n	j	n	j	j	n	n	n	n	n	n	o	o	o	j	j	n	j	j	j
Prozeßsimulation Werkzeug unsichtbar			n	o	j			n	n	n	o	o	n	o	o	j	n	j	n	j	n	n
3 D-Darstellung			n	j	j	n	j	n	n	n	o	o	n	o	j	j	n	j	n	j	v	v
Drehung des 3 D-Bildes			n	j		n	n	n	n	n	o	o	n	o	j	j	j	j	n	j	v	v
Lupenfunktion			n	j	j	j	j	n	n	n	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Vermaßung der Fertigkontur			n	j	n			n	n	n	n	n	n	n	o	n	j	n	n	n	n	n
Darstellung des Arbeitsraumes			n	j	j	o	o	n	n	n	n	n	n	o	o	n	n		n	n	v	v
grafische Prozeßverfolgung			n	j	j	j	j	n	n	n	n	o	n	n	j	n	j	j	n	j	j	j
mehrfarbige Darstellung			j	j	j	j	j	n	n	n	o	o	n	j	o	n	j	j	n	j	v	j
differenzierte Sättigung von																						
Farbdarstellungen			n	j	j			n	n	n	n	n	n	n	o	n		o	n	j	v	v
5.2 Overridefunktionen																						
für Vorschubgeschwindigkeiten	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
für die Spindeldrehzahl	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
5.3 satzweise Bearbeitung																						
Einzelsatzbetrieb	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Anzeige der Folgesätze (Anzahl)	5	5	10	15	1	4	4	1	10	10	1)	1)	1	1		2	3	4-16	3	1	6	6
Korrektur des Folgesatzes	j	j	j	j	o			n	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	n	o	j	j
5.4 Messung																						
Werkzeugvermessung in der Maschine	j	j	n	j				o	j	j	o	o	n	n	o		j	j		j	j	j
Werkstückverm. interne Meßregelung	j	j	j	j				o	j	j	o	o	n	n		j	j	j		j	j	j
Werkstückverm. externe Meßregelung	o	o	n	n				o	j	j	o	o	n	n		o	j			o	j	j
6 Programmbetrieb																						
6.1 Programmbetrieb (im Standardbetrieb)																						
Programmstart an beliebiger Stelle	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Parallelprogrammierung	n	n	v	j	j	n	j	j	j	j	o	o	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Ändern von Befehlen während																						
des Betriebes	n	n	j	j	n	n	j	j	o	o	n	n	n	n	n	j	j	j	n	j	j	j
Fehlermeldungen der Maschine	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j
Anzeige der Betriebszustände	j	j	j	j	j	j	j	j			o	o	n	o	j	j	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) bis zu 50 Zeilen

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens
5 Einfahren und Testen										
5.1 Grafik										
Darstellung der Rohteilkontur	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j
Darstellung der Schnittaufteilung	j	j	j	v	j	n	j	j	j	j
Darstellung der Fertigteilkontur	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j
Darstell.bereits programmier.Kontur	j	j	n	j	j	n	j	j	j	j
Prozeßsimulation Werkzeug sichtbar	n	o	j	j	j	n	j	j	j	j
Prozeßsimulation Werkzeug unsichtbar	j	j	j	j	n	n	n	n	n	n
3 D-Darstellung	n	o	j	n	n	n	n	n	n	n
Drehung des 3 D-Bildes	n	o	j	n	n	n	n	n	n	n
Lupenfunktion	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j
Vermaßung der Fertigkontur	n	o	j	n	n	n	n	n	n	n
Darstellung des Arbeitsraumes	n	o	n	n	j	n	j	j	j	j
grafische Prozeßverfolgung	j	j	n	j	n	n	n	n	o	o
mehrfarbige Darstellung	n	j	j	j	j	n	n	j	j	j
differenzierte Sättigung von										
Farbdarstellungen	n	o	n	n	n	n	n	n	n	n
5.2 Overridefunktionen										
für Vorschubgeschwindigkeiten	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
für die Spindeldrehzahl	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
5.3 satzweise Bearbeitung										
Einzelsatzbetrieb	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Anzeige der Folgesätze (Anzahl)	1	1	5	3			1	1	1	1
Korrektur des Folgesatzes	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j
5.4 Messung										
Werkzeugvermessung in der Maschine	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j
Werkstückverm. interne Meßregelung	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j
Werkstückverm. externe Meßregelung	o	o	n	o	o	o	o	o	j	j
6 Programmbetrieb										
6.1 Programmbetrieb (im Standardbetrieb)										
Programmstart an beliebiger Stelle	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j
Parallelprogrammierung	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j
Ändern von Befehlen während										
des Betriebes	j	j	n	j	j	o	j	j	j	j
Fehlermeldungen der Maschine	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j
Anzeige der Betriebszustände	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	GNC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poseltest3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CNC 765 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBM MACRO IBM Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
6.2 Sonderbetrieb																						
Wiederanfahrfunktion nach																						
Programmunterbrechung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j
7 Sicherheitskonzept																						
7.1 Sicherheit																						
Kollisionsüberwachung	n	n	n	j	j	v	j	n	v	o	o	o	n	o	j		j		n	j	o	o
Programmierbare Sicherheitsbarrieren	j	j		j	j	v	j	j	j	j	o	o	n	o	j	j	j	n	j	j	j	j
Kollisionsfreiheit des Werkzeug-																						
wechselpunktes	o	o	j	j	j			o	o	o	o	o	n	o	j	o	n			j	j	j
Benutzungspultüberwachung	n	n		j	j			j	n	n	n	n	n	j	j	j	j	j		n	j	j
Diagnoseroutinen	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j		j	j	j
Freifahrstrategien	j	j	j	o	j	j	j	o	v	v	o	o	n	o	j	n		n	n	j	j	j
Grenzschnittleistung programmierbar	o	o	j	j	o	o	o	o	j	j	n	n	n	o	j	n	n	j	n	j	j	j
8 Integration																						
8.1 Datenaustausch																						
kompatibel mit anderen Steuerungen	n	n	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	n		j	n	n	o	o	o
Datenaustausch mit werkstattnahem																						
Programmierplatz od. Leitrechner/DNC																						
- online	j	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- durch Datenträger	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Datenaustausch mit CAD-Systemen																						
- Geometriedaten	n	n	j	o	n	j	j	j	v	v	n	n	n	o	j	o	j	j			v	v
- Toleranzangaben	n	n	j	n	n			n	v	v	n	n	n	o	j	n	j				v	v
- Oberflächendaten	n	n	j	n	n			n	v	v	n	n	n	o	j	n	n				v	v
Übertragung von Prozeßdaten an ein																						
BDE-System (Betriebsdatenerfassung)	j			j	v	o	o	o	v	v	o	o	n	n	j	n	j	j	o	o	o	j
- Betriebszustand	j		j	j	v	v	v	o	v	v	o	o	n	n	j	n	j	j	o	o	o	j
- Werkzeugstandzeiten	j		v	j	j			o	v	v	o	o	n	n	j	n	v	j	o	o	o	j
- Programmidentifikation	j		o	j	v	o	o	o	v	v	o	o	n	n	j	n	j	j	o	o	o	j
MAP - fähig				j	v	j	j	o	n	n	o	o	n	j	v	n	j	n		j	v	j
Schnittstelle seriell	j	j	v	j	j	j	j	j	n	n	o	o	j	j	j		j			j	v	j
Schnittstelle parallel	n	n			n	j	j	n	n	n	o	o	n	n			n			n	v	o
8.2 Dokumentation																						
Datensicherung selbsthaltend	j	j		j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
variable Programmbenennung	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j
Datenträger Lochstreifen	j	j	j	j	j	o	o	o	n	n	o	o	j	o	j		j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens
6.2 Sonderbetrieb										
Wiederanfahrfunktion nach										
Programmunterbrechung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
7 Sicherheitskonzept										
7.1 Sicherheit										
Kollisionsüberwachung	j	j	j	n	o	o	o	o	o	o
Programmierbare Sicherheitsbarrieren	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j
Kollisionsfreiheit des Werkzeug-										
wechselpunktes	o	o	j	n	o	o	o	o	o	o
Benutzungspultüberwachung	n	o	n	n	j	j	j	j	j	j
Diagnoseroutinen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Freifahrstrategien	j	j	n	j	o	o	o	o	o	o
Grenzschnittleistung programmierbar	o	o	n	j	o	o	o	o	o	o
8 Integration										
8.1 Datenaustausch										
kompatibel mit anderen Steuerungen			n	j	j	j	j	j	j	j
Datenaustausch mit werkstattnahem										
Programmierplatz od. Leitrechner/DNC										
- online	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- durch Datenträger	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Datenaustausch mit CAD-Systemen										
- Geometriedaten	o	o	j	j	o	o	j	j	j	j
- Toleranzangaben	o	o	n	j	o	o	o	o	o	o
- Oberflächendaten	o	o	n	j	o	o	o	o	o	o
Übertragung von Prozeßdaten an ein										
BDE-System (Betriebsdatenerfassung)	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
- Betriebszustand	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
- Werkzeugstandzeiten	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
- Programmidentifikation	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
MAP - fähig	o	o	j	n	j	j	n	n	j	j
Schnittstelle seriell	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Schnittstelle parallel			n	n	n	n	n	n	n	n
8.2 Dokumentation										
Datensicherung selbsthaltend	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
variable Programmbenennung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Datenträger Lochstreifen	j	j	j	o	o	o	o	o	o	o

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	GMC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poseletta3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CNC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBH MACRO IBH Bernhard Hilpert	CNC 432 Mahо (Philips)	CC 300 Mahо	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
Datenträger Magnetband	j	j		j	o	o	o		n	n	o	o	o	o	j	j	j	j	j	n	j	j
Datenträger Kompaktkassette	n	n		j	o				n	n	o	o	o	o	j		j	j	j	j		
Datenträger Minikassette	n	n		j	o				n	n	o	o	o	o	j	j	j	j	j	n	j	j
Datenträger Diskette	o	o	j	j	j	o	o	j	j	j	o	o	o	o	j	j	j	j	n	j	j	j
Plotteranschluß	j	j	o	j	j	j	j	n	j	j	n	n	n	n	j	n	n	n	n	j	j	j
Druckeranschluß	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j
Programmausdruck im DIN 66025-Format	j	j	o	j	j	j	j	j	o	o	o	o	j	o	j	o	j	j	j	j	j	j
Programmausdruck im Maskenformat	n	n	n	j	j	o	o	n	o	o	o	n		o	j	o		n		j	n	n
8.3 Peripherie																						
vereinfachtes Zusatz-Benutzungspult	j	j	j	j	n	o	j	o	o	o	n	n	o	o	j	n	j	j	j	j	j	j
Produktidentifikationssysteme	j	j		j	n			o	o	o	o	o	n	o	j	o	j	o	n	j	v	v
Ferndiagnose über Datennetze	n	n	v	j	j	v	v	j	o	o	o	o	n	o	j	n	j		j	v	o	o
Speicherprogrammierbare Steuerungen																						
über CNC-Tableau programmierbar	j	j	n	j	j	j	j	j	n	n	o	o	n	o	n	j	j	j	n	v	j	j
Ansteuerung von Handhabungsgeräten	j	j	n	j	j	j	j	j	n	n	o	o	n	o	j	o	j	o	o	o	j	j
9 Werkstattumgebung																						
9.1 werkstattnaher Programmierplatz	n	n			j			o	o	o	o	o	j	o	j	j	j		n	j	j	j
vernetzbar			v		j	j	j	j	o	o	n	n	o	o	j	j	j		j	j	j	j
auf PC-Basis			v		j	j	n	j	o	o	n	n	o	o	j	j	j		n	j		n
mit identischer Rumpfsteuerung	j	j						n	n	n	n	n	o	o			j		j	o	j	j
Datenstation an Zentralrechner					j			j	o	o	n	n	n	o	j		j			o		
mit gleicher Benutzungsober-																						
fläche wie CNC-Steuerung	j	j	j		j	j	j	n	n	n	o	o	j	o	o	j	j		j	j	j	j
CNC-steuerungsneutral					n			j	j	j	o	o		o	o	n			n	o	n	n
Werkzeugverwaltung			o		j	o	o	j	j	j	o	o	j	o	o	j	j		o	j	j	j
Technologiedateien					j	o	o	j	n	n	o	o	n	o	o	n	j		v	j	j	j
Programmverwaltung			j		j	o	j	j	j	j	o	o	n	o	o	j	j		j	j	j	j
Auf-/Einspannvorrichtungsverwaltung					n	o	o	n	n	n	n	n	n	o	o	n	o		n	o	v	v
eigenes CAD-System			j		j	j	j	o	n	n	o	o	n	o	o	n	j		n	n	v	v
Simulation (Kollisionsprüfung)			n		j	j	j	o	n	n	o	o	n	o	j	j	n		n	j	o	o
9.2 Anwenderspezifische Systemgestaltung																						
Maskengenerierung			o		j	o	o	j	n	n	o	o	n	o	j	j	j		o	o	j	j
Dialoggestaltung (z.B. Menüwahl)			n		j	j	j	j	n	n	o	o	n	o	j	j	j		o	n	j	j
Grafikgenerierung			n		j	o	o	j	n	n	o	o	n	o	j	j	j		o	j	j	j
Anlegen von Bibliotheken			j		v	o	o	j	n	n	o	o	n	v	j	j			o	o	j	j

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens
Datenträger Magnetband	j	j	j	o	o	o	o	o	o	o
Datenträger Kompaktkassette	j	j	j	o	o	o	o	o	o	o
Datenträger Minikassette	n	n	j	o	o	o	o	o	o	o
Datenträger Diskette	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
Plotteranschluß	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j
Druckeranschluß	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Programmausdruck im DIN 66025-Format	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Programmausdruck im Maskenformat	n	o	n	n	n	n	n	n	n	n
8.3 Peripherie										
vereinfachtes Zusatz-Benutzungspult	o	o	j	j	o	o	o	o	o	o
Produktidentifikationssysteme	o	o	o	n	o	o	n	n	o	o
Ferndiagnose über Datennetze	n	n	o	j	o	o	o	o	o	o
Speicherprogrammierbare Steuerungen										
über CNC-Tableau programmierbar	j	j	n	j	n	n	n	n	n	n
Ansteuerung von Handhabungsgeräten	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
9 Werkstattumgebung										
9.1 werkstattnaher Programmierplatz	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
vernetzbar	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j
auf PC-Basis	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
mit identischer Rumpfsteuerung	n	n	j	o	o	n	o	o	o	o
Datenstation an Zentralrechner	n	o	n	o	o	o	o	o	o	o
mit gleicher Benutzungsober-										
fläche wie CNC-Steuerung	n	n	j	o	o	o	o	o	o	o
CNC-steuerungsneutral	j	j	n	o	o	o	o	o	o	o
Werkzeugverwaltung	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
Technologiedateien	o	o	j	j	o	o	o	o	o	o
Programmverwaltung	n	n	j	j	o	o	o	o	o	o
Auf-/Einspannvorrichtungsverwaltung	n	n	n	o	o	o	o	o	o	o
eigenes CAD-System	n	n	n	n	o	o	o	o	o	o
Simulation (Kollisionsprüfung)	n	n	j	j	o	o	o	o	o	o
9.2 Anwenderspezifische Systemgestaltung										
Maskengenerierung	1)	1)	n	n	j	j	j	j	j	j
Dialoggestaltung (z.B. Menüwahl)	1)	1)	n	j	j	j	j	j	j	j
Grafikgenerierung	1)	1)	j	j	j	j	j	j	j	j
Anlegen von Bibliotheken	1)	1)	j	o	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) Da externe PC eingesetzt werden, ist Programm- und andere Datenverwaltung möglich, aber außerhalb des Umfangs

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8200 Allen Bradley	8200 AT Allen Bradley	A 5000 Atek	CC 200 M Bosch	Dialog 11 Deckel	GNC 386/20 Werner Eberle	EBRO 32 Werner Eberle	ECS 2301 E.C.S. Firenze	CNC 11/83F Fidia	CNC 12/83F Fidia	O M-C GE Fanuc	15 M GE Fanuc	Poselesta3 Grossenbacher Elek.	XMC Grossenbacher Elek.	CNC 785 Heckler & Koch	TNC 355 Heidenhain	IBM MACRO IBM Bernhard Hilpert	CNC 432 Maho (Philips)	CC 300 Maho	M-32 Mazak	750 F Num-göttinger	760 F Num-göttinger
10 Schulung																						
10.1 Einführungsschulung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Dauer in Tagen	5	5	3-5	10	5	2	2	5	1)	1)	5	5	2+2	2-7		3-5	3-11	5	var	4	5	5
Schulung beim Hersteller	j	j	j	j	j			j	o	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Schulung beim Anwender	o	o	j		o			n	o	o	o	o	n	n	j	n	o	j	n	o	j	j
standardisiertes Schulungsprogramm	j	j		j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	v	v
schriftliche Unterlagen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- Steuerungsbeschreibung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- Lernerfolgskontrolle	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n	n	n	n	n	j	n	j	j	n	j	v	v
- programmierte Unterweisung	n	n		j	j	o	o	n	n	n	n	n	n	n	j	j	v	j	j	n	v	v
Simulatoren	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n	j	j	n	o	j		j	j	j	j	j	j
Übungen an Maschinen	n	n	o	j	j			n	v	v	j	j	j	o	j	j	o	j	n	j	v	v
Schulungssteuerung mit gleicher																						
Benutzungsoberfläche	j	j	j	j	j	j	j	j	v	v	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j
Demo - Programme	j	j	j	j	j	j	j	j	v	v	j	j	o	o	j	n	j	j	j	j	v	v
10.2 Einarbeitungshilfen																						
Benutzerhandbuch	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Hilfefunktionen - Kommentar	n	n		j	j	j	j	j	n	n	j	j	n	n	j	n	j	j		j	v	v
Hilfefunktionen - Übungsbeispiel																						
zusätzlich	n	n			j	o	o	j	n	n	o	o			o	n	j	j		j	v	v
Diagnoseprogramme	j	j	o	j	o	j	j	j	n	n	o	o	o	o	j		j	j		o	v	v
abschaltbare Benutzerführung	n	j	n	j	o	o	o	n	n	n	o	o	n	n	o	n	j	j		n	v	v

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

1) nach Wunsch

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Fräsmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	8600 Osai-A-B	8600 AT Osai-A-B	CNC 3460 Philips	Pronumerik Schleicher	3 M Siemens	8 M/8 MC Siemens	810 M Siemens	820 M Siemens	850 M Siemens	880 M Siemens
10 Schulung										
10.1 Einführungsschulung	j	j	j	j	o	o	o	o	o	o
Dauer in Tagen	5	5	10	5	5	5	5	5	5	5
Schulung beim Hersteller	j	j	j	j	j	j	j	j	j	
Schulung beim Anwender			j	o	o	o	o	o	o	
standardisiertes Schulungsprogramm	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
schriftliche Unterlagen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- Steuerungsbeschreibung	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
- Lernerfolgskontrolle	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j
- programmierte Unterweisung	n	n	j	n	j	j	j	j	j	j
Simulatoren	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Übungen an Maschinen	n	n	o	n	o	o	o	o	o	o
Schulungssteuerung mit gleicher										
Benutzungsoberfläche	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Demo - Programme	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
10.2 Einarbeitungshilfen										
Benutzerhandbuch	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Hilfefunktionen - Kommentar			j	j	j	j	j	j	j	j
Hilfefunktionen - Übungsbeispiel										
zusätzlich			j	j	o	o	o	o	o	o
Diagnoseprogramme			j	n	o	o	o	o	o	o
abschaltbare Benutzerführung			j	j	o	o	o	o	o	o

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	Alba CNC Alba S.A.	2002/2003 Arnold Müller AMK	B2 T Boehringer	CC 200 T Bosch	ANC 240 Cleveland	2102 E.C.S.	2102/4 E.C.S.	FRABA	2000 T General Electric	2000 TT General Electric	EP 10 Gildemeister	EP 20 Gildemeister	CNC 783 Heckler u. Koch	CNC 785 Heckler u. Koch	C 200 Index	750 T MMM	760 T MMM	760 TX MMM	5000 LG Okuma	5000 MG Okuma	8200 OSAI A-B	8600 OSAI A-B
1 Steuerungsart																						
Universalsteuerung					j			j					j	j						j	j	j
Drehmaschinensteuerung 2 Achsen	j	j	j	j	n	j			j		j	j	j	j	j	j			j		j	j
Drehmaschinensteuerung 2 Achsen + C	j	j	j	o	n	v			j			j	j	j	j	j	j	j	j		j	j
Drehmaschinensteuerung 2x2 Achsen	n		j		n		j			j		j	v	v	j	n		j	j		j	j
max. steuerbare Achsen	45	3	8	7	4	3	4	16	9	9		8	6	6+6	6	4	17	22	8	15	12	16
2 Ein-/Ausgabe																						
2.1 Anzeige																						
graphischer Bildschirm	n	j	j	j	n			o	j	j	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j	n	j
alphanumerischer Bildschirm	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j			j			j	j	j	j
Bilderzeugungsfrequenz in Hz	20k			25									50	50		120	120	120			50	50
Bildschirmgröße in Zoll d. Diagonale	12		12	14		12	5	12	14	14	14	14	var	var	12	9	14	14	10	10	12	9
Schriftgröße variabel	j	j	n	j	n	n	n	n	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j	n	j
regulierbare Helligkeit	n	j	n	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	o	j	j	n	j
regulierbarer Kontrast	n	j	n	o	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	o	j	j	n	n
Antireflexbelag	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	o	o	j	j		o	j	j	j	j	n	n
einfarbiger Bildschirm	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	j	o	o	o	o	j	j
Farbe der Zeichen	ge		grü	ora				grü	grü	grü						grü	grü	grü	var	var	grü	wei
mehrfarbiger Bildschirm	n	o	o	j	n			o	j	j	j	j	n	n	j	n	j	j	j	j	o	n
Display	n		n		n			j	n	n			j	j					j	j	n	n
2.2 Positionsanzeige																						
separate Positionsanzeige	j	j	n	n	n			j	n	n	n	n	o	o		o	o	o	j	j	n	n
Spreizschrift wählbar	j		n	n	n			n	n	n	n	n	j	j	j	o	j	j	j	j	n	j
2.3 Tastatur																						
Eingabeebene senkrecht	n		n	j	j			j					j	j	j				j	j	j	j
Eingabeebene waagerecht	n		n	n	o			j					j	j					j	j	n	n
Eingabeebene schräg	j	j	j	j	o			j					j	j							n	n
Eingabeebene einstellbar	n		n	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j		j	j	j			n	n
Knopftastatur	n		n	j	n	j	j	j	n	n	j	j	n	n	j						o	j
Folientastatur nach DIN 42115 E	j	j	j	n	j			j	n	n			j	j		j	j	j	j	j	j	j
Funktionstasten	j	j	j	j	j			j	j	j	j	j	j	j	j		o	o	j	j	j	j
Softkeys	n	j	j	j	n			j	j	j	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j	o	n
akustische Eingabekontrolle	n		j	n	n			n	j	j	n	n	j	j		j	j	j	j	j	j	j
Tastenfunktionen deutsch beschriftet	o	j	n	n	n	j	j	j	j	j			j	j					j	j	n	n
Tastenfunktionen symbolisiert	j	o	j	j	j			j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
farbige Codierung der Tastatur	n	o	n	j	n	j	j	j	j	j			n	n		j	j	j	j	j	n	n

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	CNC 3480 Philips	CNC 3560 Philips	MSH DZ R. u. D.	Pronumerik Schlatter	BIO Siemens	3 Siemens	8 MC Siemens	850/880 Siemens	TX 80 Traub
1 Steuerungsart									
Universalsteuerung				j	j	j	j	j	
Drehmaschinensteuerung 2 Achsen	j	j	j		j	j	o	o	j
Drehmaschinensteuerung 2 Achsen + C		j	o		j	j	o	o	j
Drehmaschinensteuerung 2x2 Achsen		o	o	j	o	j	o	o	j
max. steuerbare Achsen			3	8	4	4x4	12	30	7
2 Ein-/Ausgabe									
2.1 Anzeige									
graphischer Bildschirm	j	j	n	j	j	j	n	j	j
alphanumerischer Bildschirm	n	n	n	j	j	j	n	n	j
Bilderzeugungsfrequenz in Hz				60	60	60		60	25
Bildschirmgröße in Zoll d. Diagonale	14	14		12	9	12		12	14
Schriftgröße variabel	n	n		j	j	j	n	j	o
regulierbare Helligkeit	j	j		j	o	o	n	o	j
regulierbarer Kontrast	j	j		j	o	o	n	o	j
Antireflexbelag	j	j		j	j	j	n	j	j
einfarbiger Bildschirm	j	j		j	j	o	n	o	j
Farbe der Zeichen	grü	grü		wei	grü	var	rot	var	var
mehrfarbiger Bildschirm	j	j		j	n	j	n	j	j
Display	n	n	j	j	n	n	j	n	
2.2 Positionsanzeige									
separate Positionsanzeige	n	n	j	n	n	n	o	n	
Spreizschrift wählbar	n	n		n	j	j	n	j	j
2.3 Tastatur									
Eingabeebene senkrecht			j		j	j	j	j	
Eingabeebene waagerecht					n	n	n	n	n
Eingabeebene schräg					o	o	o	o	j
Eingabeebene einstellbar	j	j		j	o	o	o	o	n
Knopftastatur	n	n	j	n	j	j	j	j	n
Folientastatur nach DIN 42115 E	j	j	n	j	n	n	n	n	j
Funktionstasten	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Softkeys	j	j	n	j	j	n	n	j	j
akustische Eingabekontrolle	j	j	n	n	n	n	n	n	n
Tastenfunktionen deutsch beschriftet	o	o	n	j	o	o	n	o	n
Tastenfunktionen symbolisiert	j	j	j	j	j	j	j	j	j
farbige Codierung der Tastatur	j	j	n	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	Albe CNC Albe S.A.	2002/2003 Arnold Müller AMK	B2 T Boehringer	CC 200 T Bosch	ANC 240 Cleveland	2102 E.C.S.	2102/4 E.C.S.	FANUC	2000 T General Electric	2000 TT General Electric	EP 10 Gildemeister	EP 20 Gildemeister	CNC 783 Heckler u. Koch	CNC 785 Heckler u. Koch	C 200 Index	750 T NUM	760 T NUM	760 TX NUM	5000 LG Okuma	5000 MC Okuma	8200 OSAI A-B	8600 OSAI A-B
3 Handbetrieb																						
von Hand verfahren																						
achsparallel	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
unter 45 Grad	j	j	n	j	n			n	j	j	j	j	n	n					j	j	n	n
Wegmaß verfahren																						
achsparallele Interpolation	j	j	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n
schräge Interpolation	j	j	n	j	j			n	j	j	j	j	j	j		j	j	j	n	n	n	n
Radieninterpolation	n	j	n	j	n			n	j	j	j	j	j	j		j	j	j	n	n	n	n
Inkrement verfahren	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
4 Programmierung																						
4.1 Programmspeicher																						
Größe in kByte			16	32	8	32	64	1M	8	8	32	32	32	192	32	64	128	128	24	24	64	32
Erweiterungsmöglichkeit in kByte	n		128	256	16	n	n	10M	498	32	32	n		n	128	n	512	512	1M	1M	510	10M
4.2 Programmierverfahren																						
Handeingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j		j	j	j	j	j	j	j
geometrieel. u. prozeßb. Programm	n	j	j	j	n	j	j	o	j	j	j	j	n	n		j	j	j	j	j	n	j
Steuerdatenprogramm. n. DIN 66025	n		j	j	n	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
4.3 Programmierhilfe																						
Schneidenradiuskompensation	n	j	j	j	n	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Werkzeuglängenkorrektur	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Störgrößenkompensation (z.B. Temp.)	n		j	j	n			j	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	n	n
4.4 Eingabemodus																						
Benutzungsführung deutsch	j	j	j	j	n			j	j	j	j	j	j	j		j	j	j	j	j	o	n
memotechnische Abkürzungen	j		n	o	n			j	n	n	j	j	n	n		o	o	o	j	j	j	j
Menütechnik	j		j	j	n			j	j	j	j	j	n	j		j	j	j	j	j	o	n
Direktanw. D.Betriebsartenschalter	n		n	j	n	j	j	j	j	j	n	n	j	j		j	j	j	j	j	j	j
4.5 Geometrieprozessor																						
Geometrieprozessor	n	j	n	j	n	j	j	n	j	j	j	j	j	j		j	j	j	j	j	n	j
Grafikunterstützung	n	j	o	j	n			n	j	j	j	j	n	j	v	j	j	j	j	j	n	j
4.6 Zyklen																						
Abspanzyklen	n	j	j	j	n	j	j	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j
Gewindezyklen	n	j	j	j	n	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j
Bohr- und Fräszyklen	n	j	j	j	n	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j
Meßzyklen	n	j	j	j	n	j	j	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	CMC 3480 Philips	CMC 3580 Philips	MSN 02 R. u. D.	Pronumerik Schleicher	810 Siemens	3 Siemens	8 MC Siemens	850/880 Siemens	TX 80 Traub																
3 Handbetrieb																									
von Hand verfahren																									
achsparallel	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
unter 45 Grad	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
Wegmaß verfahren																									
achsparallele Interpolation	j	j	j	j					j																
schräge Interpolation	j	j	j	j	j	j	j	j	n																
Radieninterpolation	j	j	j	j	j	j	j	j	n																
Inkrement verfahren	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
4 Programmierung																									
4.1 Programmspeicher																									
Größe in kByte	16	16	8	50	16	8	8	32	16																
Erweiterungsmöglichkeit in kByte	32	32	32	n	48	128	256	1M	1M																
4.2 Programmierverfahren																									
Handeingabe	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
geometrieel. u. prozeßb. Programm	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
Steuerdatenprogramm. n. DIN 66025	j	j	n	j	j	j	j	j	j																
4.3 Programmierhilfe																									
Schneidenradiuskompensation	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
Werkzeuglängenkorrektur	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
Störgrößenkompensation (z.B. Temp.)	o	o	n	n	j	j	j	j	j																
4.4 Eingabemodus																									
Benutzungsführung deutsch	j	j	j	j	j	j	j	j	j																
memotechnische Abkürzungen	j	j	j	n	o	o	j	o	j																
Menütechnik	j	j	j	j	j	n	n	j	j																
Direktanw. ü.Betriebsartenschalter	j	j	j	o	j	j	j	j	j																
4.5 Geometrieprozessor																									
Geometrieprozessor	j	j	j	j	n	n	n	j	j																
Grafikunterstützung	j	j	n	j	j	j	n	j	j																
4.6 Zyklen																									
Abspanzyklen	j	j	n	o	j	j	j	j	j																
Gewindezyklen	j	j	j	o	j	j	j	j	j																
Bohr- und Fräszyklen	j	j	j	o	j	j	j	j	j																
Meßzyklen	j	j	j	o	j	j	j	j	j																

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	Albe CNC Albe S.A.	2002/2003 Arnold Müller AMK	B2 T Boehringer	CC 200 T Bosch	ANC 240 Cleveland	2102 E.C.S.	2102/4 E.C.S.	FRABA	2000 T General Electric	2000 TT General Electric	EP 10 Gildemeister	EP 20 Gildemeister	CNC 783 Heckler u. Koch	CNC 785 Heckler u. Koch	C 200 Index	750 T NUM	760 T NUM	760 TX NUM	5000 LG Okuma	5000 MG Okuma	8200 OSAI A-B	8600 OSAI A-B
4.7 Besonderheiten der Programmierung																						
Unterprogrammtechnik	j	j	j	j	j			j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Parametrisierbare Unterprogramme	j		j	j	n	o	o	j	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j
aut. Übernahme d. Masch.-Funkt.	j	j		j	j	o	o	j	o	o			j	j		j	j	j	j	j		
Anzahl gleichz.ablegb. Programme			998	var	var	64	128	var	185	185	100	100	100	500	200	var	var	var	var	var		
Rechenfunktionen (Taschenrechner)	j		j	j	n	o	o	n	j	j	n	n	n	n	n	j	j	j	j	j	n	n
Hilfe-Funktionen	j		n	j	n			j	j	j	n	n	n	j	n	j	j	j	j	j	n	n
Fehlerhinweise																						
im Fehlercode	n	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j		j	j	j	j	j	j	j
mit beschreibendem Text	j		j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
gemische Eingabe Bezugs/Kettenmaße	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	n	n	j	j	n	j	j	j	j	j	n	n
Kopieren zum anderen Schlitten	n		n	n	n			o	n	o	n	j	n	n	n		j	j	j	j	o	o
Technologiedateien	n		o	j	n			o	j	j	j	j	j	j	n	o	o	o	j	j	o	j
Plausibilitätsprüfungen	j		j	j	n	j	j	j	j	j			j	j	n	j	j	j	j	j		
5 Einfahren und Testen																						
5.1 Grafik																						
Darstellung der Rohteilkontur	n	j	j	j	n	n	n	n	o	o	o	o	n	j	v	j	j	j	j	j	n	n
Darstellung der Schnittaufteilung	n	j	j	j	n	n	n	n	o	o	j	j	n	j	v	j	j	j	j	j	n	j
Darstellung der Fertigteilkontur	n	j	j	j	n	n	n	n	o	o	j	j	n	j	v	j	j	j	j	j	n	j
Darstellung bereits progr. Kontur	n	j	n	j	n	n	n	n	o	o	j	j	n	j	n	j	j	j	j	j	n	j
Simulation durch Plottergrafik	n	o	j	n	n	n	n	o	o	o	o	o	n	n	o	j	j		j	j	n	n
Simulation durch Pixelgrafik	n	o	j	n	n	n	n	n	n	n	j	j	n	j	v	j	j		j	j	n	j
Simulation durch Konturgrafik	n			j	n	n	n	n	o	o			n	n								n
Lupenfunktion	n	j	j	j	n	n	n	n	o	o	j	j	n	j	o		j	j	j	j	n	n
Vermaßen der Fertigkontur	n	j	j	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n	o		o	o	n	n	n	j
Darstellung des Arbeitsraumes	n	j	n	n	n	n	n	n	n	n	o	o	n	n	n		o	o	j	j	n	n
grafische Prozeßverfolgung	n		j	j	n	n	n	n	o	o			n	n	v	j	j	j	j	j	n	j
Farbe	n	o	o	j	n	n	n	n	j	j	j	j	n	n	v		j	j	j	j	v	n
5.2 Overridefunktionen																						
für den Vorschub	n		j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
für die Drehzahl	n	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	n	n	j	j	j	j	j	j	j	j
5.3 Folgesatz																						
Anzeige des Folgesatzes	j	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	n	j	n	j	j	j	j	j	j	n

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	CNC 3480 Philips	CNC 3580 Philips	MSH 02 R. u. D.	Pronumerik Schleicher	810 Siemens	3 Siemens	8 MC Siemens	850/880 Siemens	TX 80 Traub
4.7 Besonderheiten der Programmierung									
Unterprogrammtechnik	j		j	j	j	j	j	j	j
Parametrisierbare Unterprogramme	j		j	j	j	j	j	j	j
aut. Übernahme d. Masch.-Funkt.	n	j	j	j	j	j	j	j	j
Anzahl gleichz.ablegb. Programme	999	999	20	var	200	200	200	200	128
Rechenfunktionen (Taschenrechner)	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Hilfe-Funktionen	o	o	j	n	j	j	j	j	
Fehlerhinweise									
im Fehlercode	j		j	j	j	j	j	j	
mit beschreibendem Text	j	j	j	j	j	j	j	j	j
gemische Eingabe Bezugs/Kettenmaße	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Kopieren zum anderen Schlitten	n	j	n	j	j	n	n	j	j
Technologiedateien	n	j	n	j	o	o	o	j	o
Plausibilitätsprüfungen	j	j	j	j	o	o	o	o	j
5 Einfahren und Testen									
5.1 Grafik									
Darstellung der Rohteilkontur	j	j		j	j	j		j	j
Darstellung der Schnittaufteilung	j	j		v	j	j		j	j
Darstellung der Fertigteilkontur	j	j		j	j	j		j	j
Darstellung bereits progr. Kontur	o	o		j	j	j		j	j
Simulation durch Plottergrafik	j	j		j	o	o		o	
Simulation durch Pixelgrafik	n	n		j	j	j		j	
Simulation durch Konturgrafik	j	j		v	j	j		j	j
Lupenfunktion	j	j		j	j	j		j	j
Vermaßen der Fertigkontur	o	o		n	n	n		n	j
Darstellung des Arbeitsraumes	n	j		v	j	j		j	j
grafische Prozeßverfolgung	o	o		j	o	n		o	j
Farbe	n	j		j	n	j		j	j
5.2 Overridefunktionen									
für den Vorschub	j	j	j	j	j	j	j	j	j
für die Drehzahl	j	j	j	j	j	j	j	j	j
5.3 Folgesatz									
Anzeige des Folgesatzes	j	j	j	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	Albe CNC Albe S.A.	2002/2003 Arnold Müller AMK	B2 T Boehringer	CC 200 T Bosch	ANC 240 Cleveland	2102 E.C.S.	2102/4 E.C.S.	FRAMA	2000 T General Electric	2000 TT General Electric	EP 10 Gildemeister	EP 20 Gildemeister	CNC 783 Heckler u. Koch	CNC 785 Heckler u. Koch	C 200 Index	750 T MAM	760 T MAM	760 TX MAM	5000 LG Okuma	5000 MG Okuma	B200 OSAI A-B	B600 OSAI A-B
5.4 Messung																						
Werkzeugvermessung in der Maschine	n		j	j	n	o	o	n	o	o	j	j	j	j		j	j	j	j	j	o	j
Werkzeugstückvermessung																						
interne Meßregelung	j		j	j	n	o	o	n	o	o	j	j	j	j	o		j	j	j	j	o	
externe Meßregelung	j		n	j	n	o	o	n	o	o	j	j			o		j	j	j	j	o	
5.5 Programmausdruck																						
im DIN-Format 66025	v		j	j	n	j	j	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
im Maskenformat	n			n	n			o			n	n				j	j	j			n	n
6 Programmbetrieb																						
Programmstart an beliebiger Stelle	j	j	j	j	j	j	j	j	v	v	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Parallelprogrammierung	n		j	j	n	j	j	o	o	o	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	n	j
Editieren u. Speichern im Betrieb	n		j	j	n	j	j	o	n	n	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	n	j
Anzeige der Betriebszustände	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
simultanes Positionieren	j		j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Wiederanfahrf.n.Progr.Unterbrechung	n	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	n	j		j	j	j	j	j	j	j
Servohandräder	n	j	o	j	n	n	n	j	o	o	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j
Fehlermeldung der Maschine	j	j	j	j	n	j	j	j	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
7 Sicherheitskonzept																						
Kollisionsüberwachung	j		j	j	n			j	o	o	n	j	n	n	n	n	o	o	j	j	o	n
Koll.-Freiheit d.Werkz.-Wechselpkts	n		j	n	n			j	o	o	o	o	n	n	j	o	o	o	o	o	o	n
programmierbare Sicherheitsbarrieren	n		j					j	o	o	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j
Bedienpultüberwachung	n		j	j	n	j	j	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Speichertest beim Einschalten	j		j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Diagnoseroutinen	j		j	j	n	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Freifahrstrategien	n		n	j	n	o	o	o	j	j	j	j	n	n	n	n	j	j	v	v	j	j
8 Integration																						
8.1 Datenaustausch																						
vernetzb.m.Steuerungen gl. Typs	j		j	j	n	o	o	o	o	o	j	j	j	j		j	j	j	n	n	j	j
vernetzb.m. anderen Steuerungen	n		o	n	n			o	o	o	j	j	j	j		o	j	j	n	n	j	j
Datenaust. m. werkst.-nahen																						
Progr.-Pl. o. Leitrechner/DN	n		o	j	n	o	o	o	o	o	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Datenaustausch m. CAD-Systemen	n		o	v	n			o	o	o	j	j	o	o		o	j	j	j	j	j	j
Übertragung von Prozeßdaten an ein																						
BDE-System (Betriebsdatenerfassung)	v		o	j	n	o	o	o	o	o	o	j	o	o	j	o	j	j	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	CNC 3480 Philips	CNC 3580 Philips	NSH D2 R. u. D.	Pronumerik Schlatter	810 Siemens	3 Siemens	8 MC Siemens	850/880 Siemens	TX 80 Traub
5.4 Messung									
Werkzeugvermessung in der Maschine	j	j	n	j	j	j	j	j	j
Werkzeugstückvermessung									
interne Meßregelung	j	j	j	j	j	j	j	j	j
externe Meßregelung	j	j	n	o	n	n	n	n	j
5.5 Programmausdruck									
im DIN-Format 66025	o	o	j	j	j	j	j	j	j
im Maskenformat	n	n	n	n	n	n	n	n	o
6 Programmbetrieb									
Programmstart an beliebiger Stelle	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Parallelprogrammierung	j	j	j	j	j	n	n	j	j
Editieren u. Speichern im Betrieb	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Anzeige der Betriebszustände	j	j	j	j	j	j	j	j	j
simultanes Positionieren	j	j	o	j	j	j	j	j	j
Wiederanfahrf.n.Progr.Unterbrechung	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Servohandräder	o	o	o	j	j	j	j	j	j
Fehlermeldung der Maschine	o	o	j	j	j	j	j	j	j
7 Sicherheitskonzept									
Kollisionsüberwachung	j	j	n	j	o	o	o	o	j
Koll.-Freiheit d.Werkz.-Wechselpkts	j	j	n	j	j	j	j	j	j
programmierbare Sicherheitsbarrieren	j	j	n	j	j	j	j	j	j
Bedienpultüberwachung	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Speichertest beim Einschalten	o	o	j	j	j	j	j	j	j
Diagnoseroutinen	o	o	j	j	j	j	j	j	j
Freifahrstrategien	j	j	j	j	o	o	o	o	j
8 Integration									
8.1 Datenaustausch									
vernetzb.m.Steuerungen gl. Typs	j	j	o	j	j	j	j	j	j
vernetzb.m. anderen Steuerungen	o	o	n	o	j	j	j	j	v
Datenaust. m. werkst.-nahen									
Progr.-Pl. o. Leitrechner/DNC	n	j	v	j	j	j	j	j	j
Datenaustausch m. CAD-Systemen	n	j	n	o	o	j	j	j	v
Übertragung von Prozeßdaten an ein									
BDE-System (Betriebsdatenerfassung)	n	j	n	o	o	j	j	j	j

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

J = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	Alba CNC Alba S.A.	2002/2003 Arnold Müller AMK	B2 T Boehringer	CC 200 T Bosch	AMC 240 Cleveland	2102 E.C.S.	2102/4 E.C.S.	FRABA	2000 T General Electric	2000 TT General Electric	EP 10 Glidemeister	EP 20 Glidemeister	CNC 783 Heckler u. Koch	CNC 785 Heckler u. Koch	C 200 Index	750 T NUM	760 T NUM	760 TX NUM	5000 LG Okuma	5000 MG Okuma	8200 OSAI A-B	8600 OSAI A-B
8.2 werkstattnaher Programmierplatz																						
m.gleicher Benutz.-Oberfl.w.CNC-St.	n	J	J	J	n	J	J	o	o	o	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	n	n
Werkzeugverwaltung	n	J	J	J	n			o	o	o	J	J	J	J	o	J	J	J	J	J	n	n
Technologiedateien	n		J	J	n			J	o	o	J	J	J	J	J	J			J	J	n	n
Programmverwaltung	n	J	J	J	n			J	o	o	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	n	n
Auf./Einspanvorrichtungsverwaltung	n		n	v	n			o	o	o	J	J	J	J	n	n	n	n	o	o	n	n
eigenes CAD-System	n		n	n	n	J	J	o	o	o	J	J	n	n	n	n	n	n	n	n	n	n
Simulation (Kollisionsprüfung)	n		J	J	n			o	o	o	J	J	n	n	o	J	J	J	J	J	n	n
CNC-steuerungsneutral	n		n	n	n	J		o	v	v	J	J	J	J	o	n	n	n	J	J	n	n
8.3 Anwenderspez. Systemgestaltung																						
Maskengenerierung	n		J	J	n			J	n	n	J	J	n	n	n	J	J	J	n	n	o	o
Dialoggestaltung z.B. Menüwahl	J		J	J	n			J	o	o	J	J	n	n	n	J	J	J	J	J	o	o
Entwickeln von Diagnoseroutinen	J		n	o	n			J	o	o	o	o	n	n	n	J	J	J	v	v	o	o
Grafikgenerierung	n		n	o	n			o	o	o	J	J	n	n	n	J	J	J	J	J	o	o
8.4 Dokumentation																						
Datensicherung selbsterhaltend	J	J	J	J	n	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
variable Programmbenennung	J	J	J	J	n	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Datenträger Lochstreifen	n		o	J	n	J		o	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
Datenträger Magnetband	n		o	J	n			o	o	o			J	J	n	J	J	J	n	n	n	n
Datenträger Kompaktkassette	v	J	o	J	n	J	J	o	o	o			J	J	o	J	J	J	n	n	n	J
Datenträger Minikassette	v		o	J	n			o	o	o			J	J	o	J	J	J	v	v	J	J
Datenträger Diskette	v		o	n	J			o	o	o	J	J	J	J	o	J	J	J	J	J	J	J
Plotteranschluß	n		o	n	n			o	o	o	J	J	n	n	n	J	J	J	J	J	o	n
Druckeranschluß	v		o	J	n	J	J	J	o	o	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
8.5 Peripherie																						
Fernbedienung	n		n	o	J	J	J	o	o	o	o	o	n	n	o	o	o	o	o		o	o
vereinf. Benutzungspult zusätzlich	J		n	J	J	J	n	o	o	o	o	o	J	J	o	J	J	J	n	n	o	o
Produktidentifikationssysteme	n		n		n	o	o	o	o	o	o	o	J	J	n	o	o	o	o	o	o	o
Schnittstelle flexible Fertigung	n		o	o	J	o	o	o	o	o	o	o	J	J	o	o	J	J	J	J	J	o
Ferndiagnose über Datennetze	n		o	J	n	o	o	v	o	o	o	o	J	J	o	o	o	o	v	v	o	o
Speicherprogrammierb. Steuerungen																						
über CNC-Tableau programmierbar	J		n	J	n	J	J	n	J	J	n	n	n	n	n	J	J	J	n	n	J	J

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	CNC 3480 Philips	CNC 3580 Philips	MSH DZ R. u. D.	Pronumerik Schleicher	810 Siemens	3 Siemens	8 MC Siemens	850/880 Siemens	TX 80 Traub															
8.2 werkstattnaher Programmierplatz																								
m.gleicher Benutz.-Oberfl.w.CNC-St.	j	j		j	j	j	o	j	j															
Werkzeugverwaltung	j	j		j	o	o	o	j	j															
Technologiedateien	n	j		n	o	o	o	j	j															
Programmverwaltung	j	j		j	o	o	o	j	j															
Auf./Einspanvorrichtungsverwaltung	n	o		o	o	o	o	j	j															
eigenes CAD-System	n	o		n	n	n	n	o	n															
Simulation (Kollisionsprüfung)	j	j		j	o	o		j	j															
CNC-steuerungsneutral	j	j		v	o	o	o	j	o															
8.3 Anwenderspez. Systemgestaltung																								
Maskengenerierung	n	n	n	o	j	n	n	o	j															
Dialoggestaltung z.B. Menüwahl	j	j	n	v	j	n	o	j	j															
Entwickeln von Diagnoseroutinen	n	o	n	v	j	o	j	j	o															
Grafikgenerierung	j	j	n	j	j	n	n	j	o															
8.4 Dokumentation																								
Datensicherung selbsterhaltend	j	j	j	o	j	j	j	j	j															
variable Programmbenennung	n	o	j	o	j	j	j	j	j															
Datenträger Lochstreifen	j	j	j	o	o	o	o	o	j															
Datenträger Magnetband	j	j	n	o	o	o	o	o	o															
Datenträger Kompaktkassette	j	j	n	o	o	o	o	o	o															
Datenträger Minikassette	j	j	n	o	o	o	o	o																
Datenträger Diskette	j	j	n	j	o	o	o	o																
Plotteranschluß	j	j	j	o	o	o	o	o																
Druckeranschluß	j	j	n	j	j	j	j	j	j															
8.5 Peripherie																								
Fernbedienung	o	o	n	j	o	o	o	o	o															
vereinf. Benutzungspult zusätzlich	j	j	o	j	o	o	o	o																
Produktidentifikationssysteme	o	o	n	n	o	o	o	o																
Schnittstelle flexible Fertigung	n	j	n	j	o	o	j	j	j															
Ferndiagnose über Datennetze	n	o	n	j	o	o	o	o	j															
Speicherprogrammierb. Steuerungen																								
über CNC-Tableau programmierbar	n	j	n	j	n	n	n	n	n															

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja
n = nein
o = optional
v = in Vorbereitung
var = variabel
Leerfeld = keine Angabe

Steuerungshersteller/Steuerung:	Albe CNC Albe S.A.	20002/2003 Arnold Müller AMK	B2 T Boehringer	CC 200 T Bosch	ANC 240 Cleveland	2102 E.C.S.	2102/4 E.C.S.	FRABA	2000 T General Electric	2000 TT General Electric	EP 10 Gildemeister	EP 20 Gildemeister	CNC 783 Heckler u. Koch	CNC 785 Heckler u. Koch	C 200 Index	750 T MUM	760 T MUM	760 TX MUM	5000 LG Okuma	5000 MG Okuma	8200 OSAI A-B	8600 OSAI A-B
9 Schulung																						
9.1 Einführungsschulung																						
Dauer in Tagen	5	2	5	5	n	5	5	var	3	3	3	3	4	4	var	2-5	2-5	2-5	5	5	5	5
Schulung beim Hersteller	j	j	j	o	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	o	o	j	j
Schulung beim Anwender	o	j	o	o	n			j	o	o	o	o				o	o	o	o	o	o	o
standardisiertes Schulungsprog.	v	j	j	n	n	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	n	n	j	j
schriftliche Unterlagen	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j	j
Simulatoren	j	j	j	o	n	j	j	o	j	j	j	j	j	j	v	j	j	j	j	j	j	j
Übungen an Maschinen	j	j	j	n	j			n	j	j	j	j	j	j	j	o	o	o	j	j	n	n
Demo-Programme	j	j	j	j	n	j	j	j	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j	j
9.2 Einarbeitungshilfen																						
Benutzerhandbuch	j	j	j	j	j	j	j	o	j	j	j	j	j	j		j	j	j	j	j	j	j
Hilfefunktionen	n	j	n	j	n			o	j	j	n	n	j	j		j	j	j	j	j	n	n
Diagnoseprogramme	j	o	n	j	n	j	j	o	o	o	j	j	j	j		j	j	j	j	j	j	n

Gesamthochschule Kassel * Universität * Fachgebiet Arbeitswissenschaft

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

CNC-Drehmaschinensteuerungen für die Werkstattprogrammierung

j = ja n = nein o = optional v = in Vorbereitung var = variabel Leerfeld = keine Angabe Steuerungshersteller/Steuerung:	CNC 3480 Philips	CNC 3580 Philips	MSM 02 R. u. D.	Pronumerik Schleicher	810 Siemens	3 Siemens	8 MC Siemens	850/880 Siemens	TX 8D Traub															
9 Schulung																								
9.1 Einführungsschulung																								
Dauer in Tagen	7	7		3	5	5	5	5	5															
Schulung beim Hersteller	j	j	o	j	j	j	j	j	j															
Schulung beim Anwender	o	o	o	o	o	o	o	o	o															
standardisiertes Schulungsprog.	j	j	j	j	j	j	j	j	j															
schriftliche Unterlagen	j	j	j	j	j	j	j	j	j															
Simulatoren	j	j	j	o	j	j	j	j	j															
Übungen an Maschinen	j	j	o	o	o	o	o	o	j															
Demo-Programme	j	j	o	j	j	j	j	j	j															
9.2 Einarbeitungshilfen																								
Benutzerhandbuch	j	j	j	j	j	j	j	j	j															
Hilfefunktionen	o	o	j	j	j	j	j	j	j															
Diagnoseprogramme	j	j	n	o	o	o	j	j	j															

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Christoph Nuber, Rainer Schultz-Wild

Facharbeitereinsatz und Verbreitung von Werkstattprogrammierung - Neue Durchsetzungschancen eines vieldiskutierten Konzepts?[1]

Inhalt

1. NC-Technik als Gefährdungsfaktor für qualifizierte Produktionsarbeit
2. Dominanz von Büroprogrammierung in der Frühphase des NC-Einsatzes
3. Weite Verbreitung der CNC-Technik Mitte der 80er Jahre
4. Zunehmende Diffusion von Werkstattprogrammierung
5. Werkstattprogrammierung oft neben etablierter Büroprogrammierung
6. Bedienerprogrammierung - nur selten dominante betriebliche Organisationsform
7. Werkstattprogrammierung und betriebliche Strukturmerkmale
8. Langfristig offene Entwicklung in Organisation und Verteilung der Programmierfunktionen
9. Arbeitspolitische Perspektiven

1 Der Aufsatz ist die erweiterte Fassung eines Beitrags, der zuerst unter dem Titel: *Werkstattprogrammierung - Setzt sich das Konzept durch?* in der Technischen Rundschau, Heft 19, 1989 erschienen ist. Die empirischen Ergebnisse basieren auf Sonderauswertungen von Erhebungsdaten des RKW-Projekts A 161, die im Rahmen von Arbeiten der Teilprojekte A 8 und B 2 des Sonderforschungsbereichs 333 der Universität München durchgeführt wurden.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

1. NC-Technik als Gefährdungsfaktor für qualifizierte Produktionsarbeit

Gerade in den deutschsprachigen Ländern mit ihrer langen Tradition berufsfachlicher Ausbildung für Produktionsarbeit gelten die technische Entwicklung und der zunehmende industrielle Einsatz numerischer Steuerungen für Werkzeug- und andere Bearbeitungsmaschinen als zentrale Faktoren der Gefährdung der hier immer noch bedeutsamen Nutzung von Facharbeit im Produktionsprozeß.

Nicht mehr der gelernte und erfahrene Virtuose an der Drehbank soll auf der Basis von Werkstattzeichnung und Arbeitsplan über Handräder, Schalter und Hebel die Maschine als komplexes Werkzeug führen, um Schritt für Schritt die gewünschte Werkstückkontur zu erarbeiten. Statt dessen werden die Regeln der Kunst abstrahiert und zu einem Steuerungsprogramm verdichtet, das nur noch über einen geeigneten Datenträger der Maschine zuzuführen ist, um jederzeit und überall die automatische Herstellung von Werkstücken hoher und vor allem gleichbleibender Qualität zu ermöglichen, ohne daß es dazu noch besonderer Erfahrungen und Kenntnisse bedürfte.

Wie allgemein bekannt, ist die Realität von diesem - je nach Position - Traum- oder Horrorbild noch ein gutes Stück entfernt. Zwar wurden und werden durch die Weiterentwicklung der NC-Technik und vor allem durch die enorme Ausweitung der Leistungsfähigkeit bei gleichzeitiger Verbilligung der Mikroelektronik die Grenzen des unter ökonomischen Bedingungen Automatisierbaren immer weiter hinausgeschoben, aus sehr vielfältigen Gründen ist jedoch (noch?) in vielen Teilprozessen der Produktion auf fachliche Qualifikation nicht zu verzichten.

Der entscheidende Vorteil der NC-Technik liegt darin, daß die zur Steuerung der Maschine für die Erarbeitung eines bestimmten Werkstücks erforderlichen Weg- und Schaltinformationen getrennt vom Maschinenlauf in einem Steuerungsprogramm festgelegt und gespeichert werden können, das dann beliebig oft zur automatisch gesteuerten Fertigung dieses Werkstücks abgerufen werden kann. Der Prozeß der Herstellung dieser Steuerungsprogramme - *das Programmieren* - kann zeitlich, örtlich und auch per-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

sonell vom maschinellen Bearbeitungsprozeß abgetrennt und nach eigenständigen Kriterien organisiert und rationalisiert werden.

Die erste NC-Steuerung wurde - staatlich geplant und gefördert - Ende der 40er/Anfang der 50er Jahre in den USA am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entwickelt. Der europäische Werkzeugmaschinenbau nahm diese Innovation ab Anfang der 60er Jahre - mit gewisser Ausnahme Großbritanniens eher zögernd - in sein Produktionsprogramm auf; entsprechend langsam weitete sich der industrielle Einsatz bis Mitte der 70er Jahre - vorwiegend in der Klein- bis Mittelserienfertigung größerer Betriebe des Maschinenbaus, der Elektrotechnik und des Fahrzeugbaus allmählich aus (Schultz-Wild, Weltz 1973, S. 24 ff.; Hirsch-Kreinsen 1989).

2. Dominanz von Büroprogrammierung in der Frühphase des NC-Einsatzes

Arbeitsorganisatorisch setzte sich in diesem Zeitraum - sicherlich nicht zuletzt wegen der Dominanz ausgeprägt arbeitsteilig organisierter großbetrieblicher Anwender - weitgehend eine organisatorische und personelle Trennung von Programmier- und Maschinenbedienertätigkeiten durch (Simon 1966, S. 78; Rempp u.a. 1981). Programmieren wurde fast überall als eigenständiger Prozeß zu einer Teilfunktion der Arbeitsvorbereitung. Gestützt wurde diese Verselbständigung der Programmierung durch Entwicklung und Einsatz sog. "problemorientierter" Programmiersprachen, die relativ werkstattfern "an abstrakt-mathematischen Konzepten der Informatik" orientiert sind (Weber 1988, S. 14), und durch die der Programmierprozeß selbst der Automatisierung zugänglich wird (EDV-gestütztes maschinelles Programmieren). Das sog. "Record-Playback"-Verfahren, bei dem das Steuerungsprogramm quasi nebenbei und automatisch bei der manuellen Fertigung des ersten Werkstücks entsteht - der Maschinenbediener also sein eigener Programmierer bleibt -, hat kaum weitere Verbreitung gefunden.

Allerdings war damit noch keineswegs ein einheitliches Modell der Arbeitsteilung und Arbeitsorganisation beim Einsatz von NC-Maschinen durchgesetzt. Gerade die Eigenständigkeit und Werkstattferne der Büroprogrammierung haben sich als nicht unproblematisch erwiesen. Pro-

grammfehler werden häufig erst beim Testlauf an der Maschine erkennbar; die Programmoptimierung zur Beschleunigung des Bearbeitungsvorgangs bedarf spezifischer Maschinenkenntnisse. Zwischen Werkstatt und Programmierung sind daher komplexe und zeitaufwendige Abstimmungs- und Rückkopplungsprozesse erforderlich. Mehr oder weniger unabdingbar bleibt Werkstattpersonal - und sei es auch nur eher korrigierend und am Rande - in den Programmierprozeß eingeschaltet.

Ein entscheidender Durchbruch der NC-Technik zu breiterer industrieller Nutzung ergab sich erst Mitte der 70er Jahre, etwa gleichzeitig mit der Ablösung der "konventionellen" fest verdrahteten NC-Steuerungen durch die speicherprogrammierbaren CNC-Steuerungen (Computer Numeric Control). Bereits 1979 waren etwa neun von zehn der in der Bundesrepublik Deutschland hergestellten NC-Maschinen mit einer CNC-Steuerung ausgestattet. Der Bestand stieg sprunghaft auf etwa 25.000 Maschinen an, davon knapp die Hälfte CNC-Maschinen (Rempp u.a. 1981, S. 22 ff.).

Sowohl die jetzt raschere Ausbreitung der NC-Technik als auch die mit den CNC-Maschinen erweiterten technischen Möglichkeiten der Programmierung und Datenspeicherung gaben der Diskussion über Arbeitsorganisation und Personaleinsatz in diesem Feld neue Impulse. Dem Modell der Büroprogrammierung mit seiner relativ strikten Trennung zwischen Planung, Disposition, Produktionsvorbereitung einerseits und ausführender Arbeit in der Werkstatt andererseits wurde das Modell der *Werkstattprogrammierung* gegenübergestellt.

Der Begriff Werkstattprogrammierung wird zwar nicht einheitlich verwendet, stellt aber im wesentlichen darauf ab, daß nicht nur das Korrigieren und Optimieren der Programme, sondern auch das Erstellen des Urprogramms innerhalb der Produktionswerkstatt geschieht. Dabei ist - in arbeitspolitischer Perspektive nicht unwichtig - zu unterscheiden, ob die Programmierung an der Maschine selbst oder an einem maschinennahen Programmierplatz (bzw. mit einem maschinenungebundenen Programmiergerät) vorgenommen wird und ob sie vom jeweiligen Maschinenbediener oder von anderem Werkstattpersonal (wie Einrichter, Vorarbeiter, Meister) durchgeführt wird. Übernimmt der Maschinenbediener die Programmieraufgabe entweder an "seiner" Maschine selbst oder auch etwa im

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Tätigkeitswechsel an einem Programmierplatz in der Werkstatt, wird auch von "Bedienerprogrammierung" gesprochen (vgl. Schulte 1986).

Inwieweit hat sich nun das Modell Werkstattprogrammierung mit dem immer breiter werdenden Einsatz von CNC-Maschinen durchgesetzt? Inwieweit setzen Betriebe vollständig oder nur partiell auf diese Form der Arbeitsorganisation? Welche Arbeitskräftegruppen werden mit der Programmieraufgabe betraut?

Zur Beantwortung solcher und ähnlicher Fragen ergeben sich einige Anhaltspunkte aus den Ergebnissen einer 1986/87 in der Investitionsgüterindustrie der Bundesrepublik Deutschland durchgeführten Betriebserhebung.[2]

3. Weite Verbreitung der CNC-Technik Mitte der 80er Jahre

Sieht man von Systemen in Büro und Verwaltung ab und konzentriert sich auf die Fertigung, so sind CNC-Maschinen in der Industrie die am weitesten verbreitete Computertechnik oder einzelne CIM-Komponente. CNC-Maschinen werden von sehr viel mehr Betrieben genutzt als etwa die vieldiskutierte Robotertechnik.

Etwa 45 % der Betriebe der Investitionsgüterindustrie haben mindestens eine CNC-Maschine im Einsatz, im Maschinenbau ist die Verbreitungsquote mit rund 62 % noch erheblich höher. Eine gewisse "Reife" dieser Technik - im Vergleich zu anderen CIM-Komponenten wie etwa CAD- oder PPS-Systemen - kommt darin zum Ausdruck, daß es nur noch relativ wenige Betriebe gibt, die 1986/87 den Einstieg in die Nutzung von CNC-Maschinen erst planen (vgl. Schultz-Wild u.a. 1989, S. 44 und S. 46). In diesem eingeschränkten Sinne zeichnet sich hier eine Art Sättigungsgrenze ab: In der NC-Technik sind kaum noch neue Erstanwender zu erwarten.

---

2 Diese Erhebung war als Teilschritt des vom ISF München bearbeiteten RKW-Projekts A 161 primär auf die Verbreitung von Computer- und Vernetzungstechniken bzw. CIM-Komponenten gerichtet; sie konnte daher nur grob und am Rande die komplizierte Situation der Arbeitsorganisation beim CNC-Maschineneinsatz erfassen (vgl. Schultz-Wild u.a. 1989). Dennoch ergeben sich einige interessante Hinweise auf die Entwicklungsdynamik in diesem speziellen Feld.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Das bedeutet allerdings nicht, daß der Maschinenbestand in Zukunft nicht noch erheblich ausgeweitet werden wird.

Genaue Zahlen über den NC- bzw. CNC-Maschinenbestand liegen nicht vor. Schätzungen - wie auch eine allerdings nur grob mögliche Hochrechnung der Ergebnisse der hier vorliegenden Erhebung - kommen auf eine Zahl von 60.000 bis 80.000 Maschinen Mitte der 80er Jahre in der Industrie der Bundesrepublik Deutschland. Mehrheitlich handelt es sich dabei um Werkzeugmaschinen. Das ist zwar immer noch ein relativ kleiner Prozentsatz des geschätzten Maschinenbestands von weit über einer Million, wegen ihrer höheren Produktivität, der oft extensiveren zeitlichen Nutzung und vor allem wegen ihrer Bedeutung im Gesamtkonzept computergestützter und -integrierter Fertigung hat jedoch diese Technik wirtschaftlich und auch für die arbeitspolitische Auseinandersetzung erhebliches Gewicht.

Anders als noch vor einem guten Jahrzehnt ist der Einsatz der CNC-Technik inzwischen nicht mehr auf mittlere und größere Betriebe beschränkt. Zwar gibt es Mitte der 80er Jahre immer noch ein Gefälle im Verbreitungsgrad zwischen größeren und kleineren Betrieben, aber selbst in recht kleinen Betrieben hat diese Technik inzwischen Eingang gefunden. So setzt bereits etwa jeder zehnte der Kleinbetriebe mit weniger als 20 Beschäftigten CNC-Maschinen ein, und in Betrieben mit 20 bis unter 50 Beschäftigten liegt die Anwenderquote bei etwa einem Drittel. Ab einer Betriebsgröße von 100 Beschäftigten finden sich im Durchschnitt der Investitionsgüterindustrie CNC-Maschinen in über 60 % der Betriebe, im Maschinenbau sind sie sogar bereits in zwei Dritteln der Betriebe mit 50 bis unter 100 Beschäftigten eingesetzt (**Bild 1**). Selbstverständlich kommen in kleineren Betrieben meist nur einige wenige Maschinen zum Einsatz, während größere Bestände den mittleren und größeren Unternehmen vorbehalten sind. So verfügen etwa neun von zehn Betrieben mit weniger als 100 Beschäftigten über höchstens fünf CNC-Maschinen, während in acht von zehn Großbetrieben (mit mindestens 1.000 Beschäftigten) sechs und mehr Maschinen im Einsatz sind. Diese Zusammenhänge sind für die Fragen der Organisation der NC-Arbeit von einiger Bedeutung.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Einsatz von CNC-Maschinen nach Branchen und Betriebsgröße (Beschäftigtenzahl)
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 1.096) -

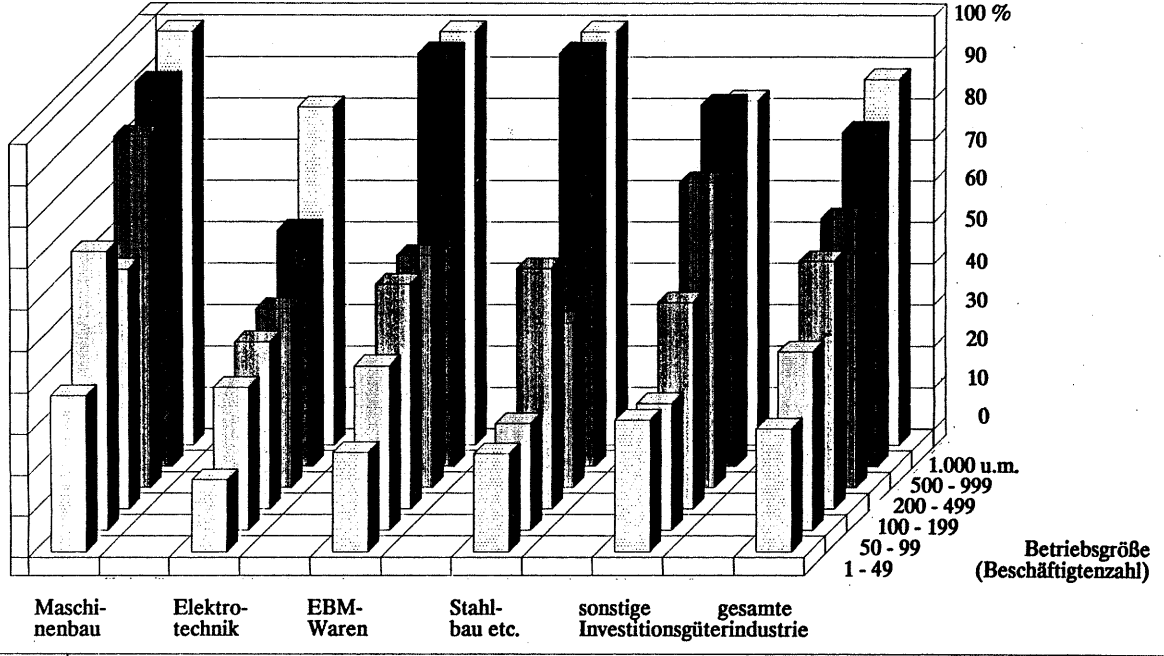


Bild 1	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	ISF-1989

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

4. Zunehmende Diffusion von Werkstattprogrammierung

Mitte/Ende der 80er Jahre hat das Modell Werkstattprogrammierung offensichtlich weitgehend seinen anfänglichen Ausnahmecharakter verloren. Nach den Ergebnissen der Betriebserhebung 1986/87 sind es über 70 % der CNC-Maschinen einsetzenden Betriebe der Investitionsgüterindustrie, die Programme in der Werkstatt erstellen lassen.[3]

Werkstattprogrammierung ist vor allem in der Elektrotechnik weit verbreitet (82 %); im Maschinenbau und in der sonstigen Investitionsgüterindustrie, zu der hier auch der Fahrzeugbau zählt, entspricht die Verbreitungsquote mit über 70 % dem Durchschnitt, im Stahl- und Leichtmetallbau sind es zwei Drittel, in der EBM-Waren-Industrie immerhin noch über die Hälfte der Betriebe, die Werkstattprogrammierung durchführen. Gerade auch kleinere Betriebe lassen CNC-Steuerungsprogramme vielfach in der Werkstatt erstellen, aber auch etwa zwei Drittel der Großbetriebe (mit über 1.000 Beschäftigten) arbeiten mit dieser Organisationsform (**Bild 2**).

Ganz offensichtlich hat das Modell Werkstattprogrammierung gegenüber früher an Attraktivität und Verbreitung gewonnen. Zu Beginn der 80er Jahre hat nur etwa die Hälfte der CNC-Maschinen einsetzenden Betriebe (auch) in der Werkstatt Programme erstellen lassen (Rempp u.a. 1981, S. 49 ff.).[4]

---

3 Ergebnisse aus der Meta-Studie II, bei der 1987 insgesamt 274 meist mittlere und größere Betriebe vorwiegend des Maschinenbaus und der Elektrotechnik nach Umfang und Art der Werkstattprogrammierung befragt worden sind, weisen eine betriebliche Verbreitungsquote von Werkstattprogrammierung von 83,1 % aus (Ewers u.a. 1990, S. 173 und S. 266).

4 Im RKW-Projekt A 133, das 1979/80 den NC- bzw. CNC-Maschineneinsatz in der Bundesrepublik Deutschland untersuchte, sind größere Betriebe gegenüber der Grundgesamtheit stark überrepräsentiert. Teilweise begründet sich dies daraus, daß die Nutzung dieser Technik damals noch stärker als heute vor allem eine Domäne von größeren Betrieben war.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Einsatz von Werkstattprogrammierung nach Branchen und Betriebsgröße in % der Betriebe mit CNC-Maschinen
- Investitionsgüterindustrie (= IG) der BRD (N = 490) gewichtet -

	Betriebsgröße (Beschäftigtenzahl)						
	- 49	50 - 99	100 - 199	200 - 499	500 - 999	1.000 u.m.	ins-ges.
Maschinenbau	80,8	76,0	65,1	64,7	69,2	66,7	71,2
Elektrotechnik	75,0	100,0	76,9	76,9	100,0	66,7	81,9
EBM-Waren	50,0	71,4	50,0	55,6	100,0	0,0	58,2
Stahlbau etc.	81,8	33,3	57,1	100,0	100,0	100,0	66,7
sonstige IG	80,6	66,7	44,4	76,5	71,4	70,0	71,8
gesamte IG	77,3	74,7	60,3	68,0	79,4	67,7	71,2

Bild 2 Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87 **ISF-1990**

Ein Teil der zunehmenden Diffusion von Werkstattprogrammierung läßt sich sicherlich damit erklären, daß diese Form der Programmerstellung vor allem beim *Einstieg* in die CNC-Technik für die Betriebe attraktiv ist. Der Aufwand für die Einrichtung von Büroprogrammierung ist relativ hoch und wird oft als nicht lohnend angesehen, wenn nur eine oder wenige, auch in der Werkstatt programmierbare Maschinen im Einsatz sind. Nach den Daten der Betriebserhebung 1986/87 hat sich seit Mitte der 70er Jahre Werkstattprogrammierung jedoch deutlich schneller ausgebreitet als der Ersteinstieg in die CNC-Technik (**Bild 3**). Ganz offensichtlich haben daher seit Ende der 70er/Anfang der 80er Jahre zahlreiche Betriebe Werkstattprogrammierung in ihrer Fertigung eingeführt, die bereits seit längerem CNC-(oder auch NC-)Technik nutzten.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN

Ersteinführung von CNC-Werkzeugmaschinen bzw. von Werkstattprogrammierung
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 490) -

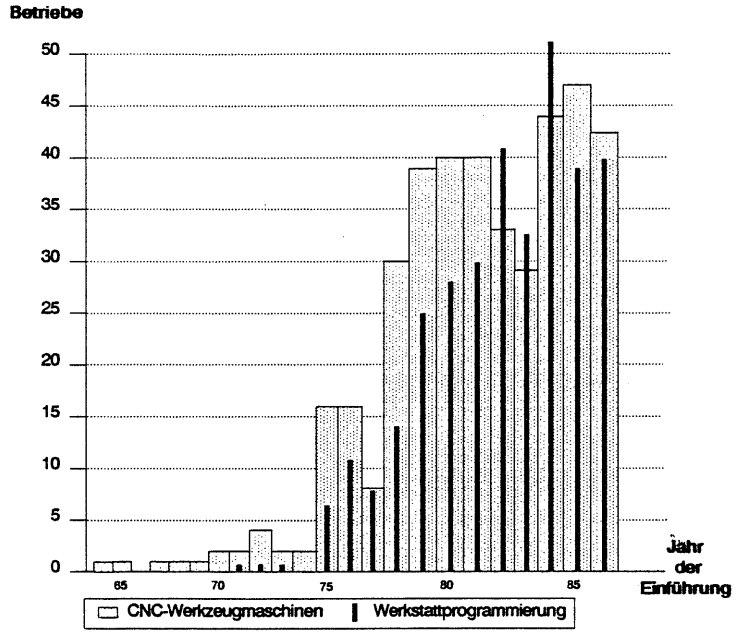


Bild 3	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	ISF-1989

Die Tatsache, daß die große Mehrheit der überhaupt mit CNC-Technik arbeitenden Betriebe heute Werkstattprogrammierung betreibt, bedeutet allerdings nicht, daß dort inzwischen das Programmieren generell zum Aufgabenbereich der Maschinenbediener gehört und damit der Einsatz qualifizierter Produktionsarbeit insoweit dauerhafter abgesichert wäre:

- Zum ersten können in einem Betrieb *Büro- und Werkstattprogrammierung* in verschiedenen Formen und zu verschiedenen Anteilen *nebeneinander* existieren.

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

- Zum zweiten ist - wie oben bereits gesagt - Werkstattprogrammierung nicht mit *Bedienerprogrammierung* gleichzusetzen, vielmehr kann das Programmieren primär anderen Gruppen des Werkstattpersonals als Aufgabe zugewiesen sein.

- Schließlich kann es sich bei der *Werkstattprogrammierung* um *eine Form des Übergangs* handeln, die mit zunehmender Verbreiterung des CNC-Einsatzes im Betrieb tendenziell wieder verschwindet.

Die hier angeschnittenen Fragen können mit den vorliegenden Ergebnissen der Betriebserhebung 1986/87 und mit anderen Studien nicht vollständig geklärt werden, es ergeben sich jedoch einige Anhaltspunkte zur Beantwortung.

5. Werkstattprogrammierung oft neben etablierter Büroprogrammierung

Vor allem bei den (meist größeren) Betrieben, die bereits *vor* Mitte der 70er Jahre in die NC-Technik eingestiegen sind, ist es unwahrscheinlich, daß bei der Einführung von Werkstattprogrammierung das dort in der Regel existierende Programmierbüro aufgelöst und die gesamte Programmierung in die Werkstätten verlagert wird. Abhängig u.a. vom Komfort der Maschinensteuerungen, von der Komplexität der Werkstücke und nicht zuletzt von den vorhandenen Qualifikationen, wird meist nur ein Teil des Programmieraufwands in die Werkstatt verlagert, z.B. die Programme für Teile geringeren bis mittleren Schwierigkeitsgrads, die auf neueren CNC-Maschinen gefertigt werden.

Typisch für eine solche Entwicklung scheint etwa die Situation in einem größeren Maschinenbauunternehmen, bei dem mit der Beschaffung einer neuen CNC-Maschinengeneration ab 1979 Werkstattprogrammierung eingeführt und in der Folge stark ausgeweitet wurde. Bis Mitte der 80er Jahre stabilisierte sich jedoch der Anteil der in der Werkstatt neu erstellten Programme bei etwa 40 %, d.h., das Übergewicht der Büroprogrammierung blieb erhalten (Wehrle 1986, insbes. S. 16f.).

Rempp u.a. weisen aus, daß zwar etwa die Hälfte der 1979 erfaßten Betriebe Werkstattprogrammierung betreiben, jedoch nur etwa ein Fünftel

der damals insgesamt in diesen Betrieben eingesetzten CNC-Maschinen in der Werkstatt programmiert wurden (Rempp u.a. 1981, S. 55).

Nach den Ergebnissen der Betriebserhebung 1986/87 wenden neun von zehn der Werkstattprogrammierung betreibenden Betriebe diese bei normalen Fertigungsaufträgen an, während sie sonst auf Ausnahmesituationen, bestimmte seltene Aufträge etc. begrenzt bleibt. Das bedeutet, daß in deutlich über der Hälfte der Betriebe mit CNC-Technik Werkstattprogrammierung zum normalen Fertigungsablauf gehört. Allerdings wird nur in sechs von zehn Betrieben auch vollständig in der Werkstatt programmiert, während sonst Werkstattprogrammierung zwar nicht auf Programmoptimierung, oft aber auf Ausschnitte des Programmierprozesses beschränkt ist.

Dementsprechend wird in vielen Betrieben, die nach dem Modell Werkstattprogrammierung arbeiten, insgesamt *nur ein Teil der Programmierarbeiten* auf diese Weise abgewickelt. Der gesamte Programmieraufwand läuft im Durchschnitt der Investitionsgüterindustrie nur etwa in der Hälfte dieser Betriebe über Werkstattprogrammierung. Bei einem weiteren Fünftel werden 50 % bis unter 100 % des Programmieraufwands in der Werkstatt erledigt, bei knapp einem Drittel fallen dagegen dort weniger als die Hälfte der Programmierarbeiten an (**Bild 4**).[5]

Vor allem in vielen mittleren und größeren Betrieben hat ganz offensichtlich Büroprogrammierung auch dann noch erhebliches Gewicht, wenn dort prinzipiell Werkstattprogrammierung eingeführt ist. Abgesehen davon, daß in diesen Betrieben generell arbeitsteilige Formen der Betriebs- und Arbeitsorganisation eher vorherrschen, wird dies vor allem damit zusammenhängen, daß mit dem dort häufig früheren Einstieg in die NC-Technik Büroprogrammierung bereits fest etabliert war, als mit der Verbesserung der Steuerungstechnik ab Mitte der 70er Jahre Werkstattprogrammierung an Attraktivität gewann. In kleineren Betriebe dürfte dagegen häufiger Werkstattprogrammierung gleichzeitig mit dem (insgesamt späteren) Ersteinsatz von NC-Technik bzw. von CNC-Maschinen eingeführt worden sein.

5 Ähnliche Anteilswerte der Werkstattprogrammierung am gesamten Programmiervolumen weisen auch Ewers u.a. 1990 aus (S. 174).

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Anteil der Werkstattprogrammierung am gesamten Programmieraufwand nach Betriebsgröße (Beschäftigtenzahl)
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 349) -

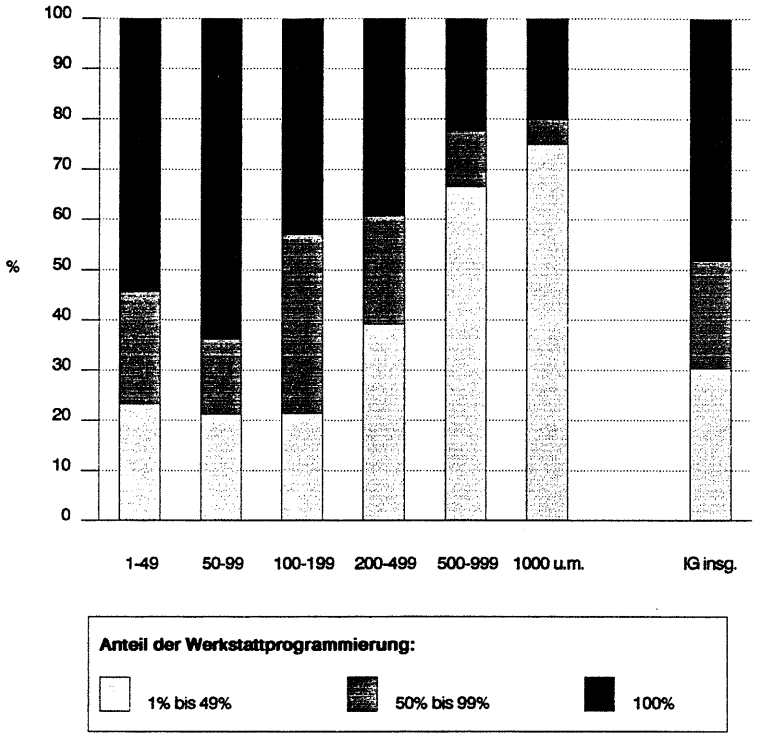


Bild 4	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	ISF-1989

Da ein erheblicher Anteil des gesamten CNC-Maschinenbestands in größeren Betrieben steht (mehr als die Hälfte der erfaßten CNC-Maschinen befindet sich in Betrieben mit mindestens 500 Beschäftigten), hat Werkstattprogrammierung insgesamt deutlich geringeres Gewicht, als durch die betriebliche Verbreitungsquote von über 70 % indiziert wird.

6. Bedienerprogrammierung - nur selten dominante betriebliche Organisationsform

Mit Werkstattprogrammierung rückt grundsätzlich die Funktion der Maschinensteuerung wieder näher an den unmittelbaren Produktionsprozeß und das Einsatzfeld der Maschinenbediener heran. Dadurch können Kommunikations- und Abstimmungsprobleme reduziert, Werkstattautonomie erhöht und die Maschinenbediener stärker in planende und dispositive Aufgabenbereiche einbezogen werden.

Im einzelnen gibt es - u.a. abhängig von der Komplexität und der Frequenz der Programmieraufgaben, dem Komfort der Steuerungen etc. - sehr vielfältige Formen von Werkstattprogrammierung, wobei nicht in allen Varianten die CNC-Maschinenbediener regelmäßig in die Neuteileprogrammierung eingeschaltet sind.[6]

Nach den Ergebnissen der Betriebserhebung 1986/87 wird nur in rund 40 % der Betriebe Werkstattprogrammierung *ausschließlich durch die Maschinenbediener* durchgeführt. Hierunter fallen Lösungen, bei denen jeder Bediener "seine" Maschine (bei Maschinenstillstand oder auch parallel zum Maschinenlauf) programmiert, oder auch Formen, bei denen die Programmierung mit einem maschinenunabhängigen Programmiergerät oder an einem Programmierplatz in der Werkstatt in Rotation durch eine Gruppe von Bedienern erfolgt. In rund 30 % der Betriebe werden Programmierarbeiten in Kooperation zwischen Maschinenbedienern und anderem Werkstattpersonal, wie Meister, Vorarbeiter oder Einrichter, erle-

6 Zu den verschiedenen möglichen Organisationsformen beim Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen vgl. u.a. Nitzsche, Pfennig 1988, S. 48 ff. Speziell auf CNC-Drehmaschinen bezieht sich eine zweite ausführliche Handlungsanleitung, die sich ebenfalls als Entscheidungshilfe für die Wahl der optimalen Organisationsform versteht: Lay u.a. 1988.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

digt. Schließlich übernimmt in weiteren knapp 30 % der Betriebe ausschließlich Werkstattführungspersonal - ohne wesentliche Beteiligung der Maschinenbediener - diese Aufgaben; hierzu zählen vermutlich auch Fälle des werkstattnahen Einsatzes eines spezialisierten Teileprogrammierers (**Bild 5**). Demnach wird die Programmierung keineswegs immer dann zum normalen Bestandteil der Maschinenbedienertätigkeit, wenn die jeweilige CNC-Maschine in der Werkstatt programmiert wird.

Personaleinsatz bei Werkstattprogrammierung
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 349) -

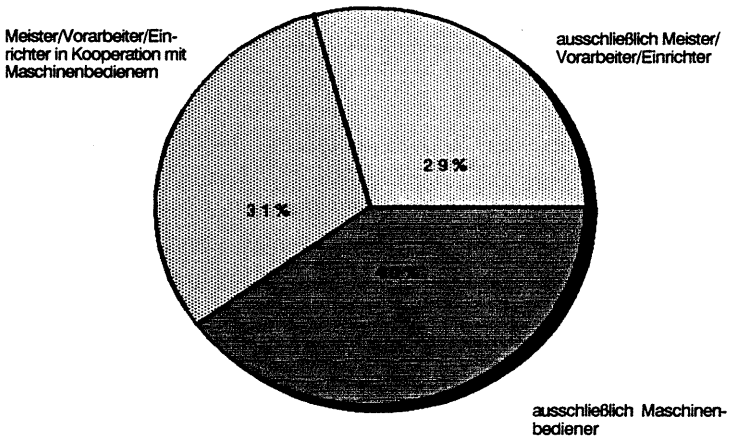


Bild 5	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	ISF-1989

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Alles in allem ist festzuhalten, daß - trotz des Einsatzes von Werkstattprogrammierung in einer großen Zahl von Betrieben - Programmierarbeiten bisher keineswegs überall zum normalen Tätigkeitsfeld von CNC-Maschinenbedienern gehören. Faßt man die Ergebnisse der Betriebserhebung 1986/87 zusammen, so zeigt sich,

- daß nur in etwa 12 % der Betriebe mit CNC-Technik Werkstattprogrammierung ausschließlich durch Maschinenbediener bei normalen Fertigungsaufträgen durchgeführt wird und gleichzeitig die dominante Programmierform (mindestens 80 %-Anteil am Programmieraufwand) darstellt;

- daß bei knapp 30 % der Betriebe Werkstattprogrammierung zwar dominant ist, die Programmerstellung aber in Kooperation zwischen Maschinenbedienern und anderen Arbeitskräftegruppen oder auch weitgehend ohne die Maschinenbediener erfolgt;

- daß in rund 60 % der Betriebe nach wie vor zu erheblichen Anteilen oder sogar ausschließlich (28 %) außerhalb der Werkstatt programmiert wird (**Bild 6**).

Die organisatorische und personelle Abspaltung der Programmiertätigkeit vom Maschinenbedienen hat zwar seit Mitte der 70er Jahre ihre bis dahin eindeutige Dominanz verloren, aber Werkstatt- oder gar Bedienerprogrammierung sind seither nicht zur generell vorherrschenden Organisationsform geworden. Insoweit bestehen die Risiken der Erosion qualifizierter Produktionsarbeit fort.

7. Werkstattprogrammierung und betriebliche Strukturmerkmale

Werkstattprogrammierung, vor allem aber Bedienerprogrammierung sind an die Qualifikation der Facharbeiter gebunden. Es wäre daher zu erwarten, daß diese Organisationsformen der Programmierung in erster Linie dort zu finden sind, wo nach wie vor in der Fertigung überwiegend Facharbeiter eingesetzt werden und deshalb vermutlich weniger arbeitsteilige Formen der Arbeitskraftnutzung überwiegen.

Verbreitung von Werkstatt- bzw. Bedienerprogrammierung
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 1.096) -

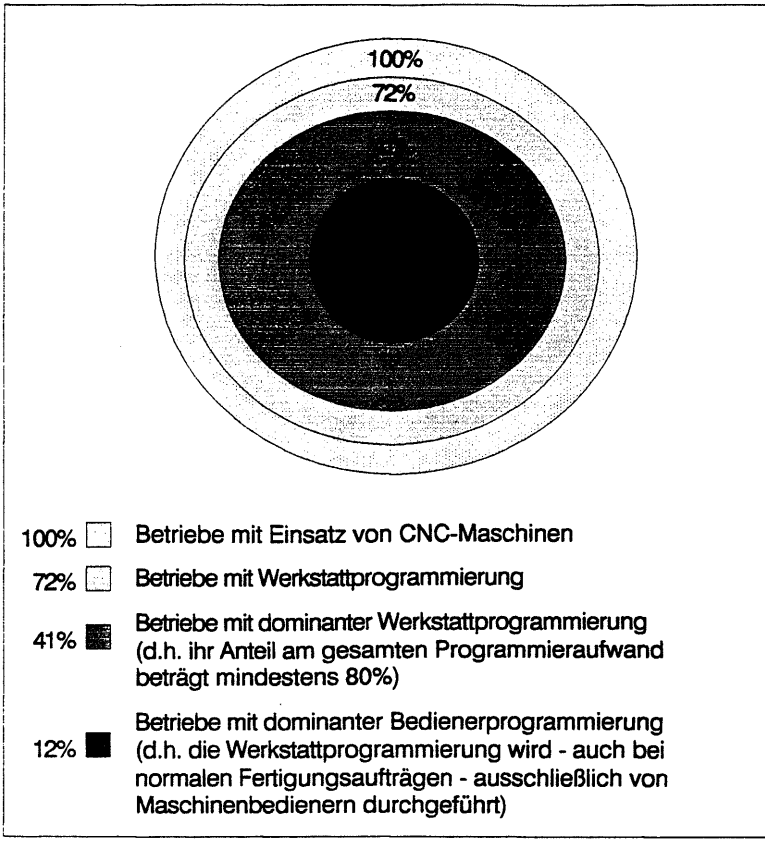

100%
72%
100% Betriebe mit Einsatz von CNC-Maschinen
72% Betriebe mit Werkstattprogrammierung
41% Betriebe mit dominanter Werkstattprogrammierung (d.h. ihr Anteil am gesamten Programmieraufwand beträgt mindestens 80%)
12% Betriebe mit dominanter Bedienerprogrammierung (d.h. die Werkstattprogrammierung wird - auch bei normalen Fertigungsaufträgen - ausschließlich von Maschinenbedienern durchgeführt)

Bild 6	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	ISF-1989

Die Ausgangssituation ist in dieser Hinsicht in den Betrieben verschiedener Branchen der Investitionsgüterindustrie der BRD recht unterschiedlich.

So stellen Facharbeiter etwa im Maschinenbau, in dem CNC-Einsatz besonders weit verbreitet ist, die größte Belegschaftsgruppe: Im Durchschnitt der Betriebe gehören hier etwa 40 % der Beschäftigten (einschließlich Auszubildende) zu dieser Beschäftigtenkategorie, was einem Facharbeiteranteil von fast zwei Dritteln am gewerblichen Personal entspricht. Demgegenüber machen in den nicht zum Maschinenbau zählenden anderen Branchen der Investitionsgüterindustrie Facharbeiter nur etwa ein Viertel der Beschäftigten aus, mehr als 60 % der Arbeiter sind hier Un- oder Angelernte.[7] Stärker tayloristisch geprägte, arbeitsteilige Formen der Arbeitsorganisation spielen hier offensichtlich eine größere Rolle.

In der Verbreitung bzw. Dominanz von Werkstatt- oder Bedienerprogrammierung gibt es jedoch zwischen dem Maschinenbau und den hier zusammengefaßten anderen Branchen der Investitionsgüterindustrie keine gravierenden Unterschiede (**Bild 7**).

Zwar wird - wie bereits gesagt - die CNC-Technik im Maschinenbau von sehr viel mehr Betrieben und häufig wohl auch schon länger genutzt als in der übrigen Investitionsgüterindustrie, die Verbreitung von Werkstattprogrammierung ist jedoch unter den Betrieben, die mit dieser Technik arbeiten, mit je über 70 % im Maschinenbau und in den anderen Branchen der Investitionsgüterindustrie praktisch gleich. Dominanz von Werkstattprogrammierung ist im Maschinenbau sogar etwas weniger weit verbreitet als in der sonstigen Investitionsgüterindustrie, was mit der schon längeren Etablierung von Büroprogrammierung in einem Teil der Betriebe zusammenhängen dürfte. Umgekehrt ergibt sich für den Maschinenbau ein geringfügig höherer Anteil von Betrieben mit dominanter Bedienerprogrammierung, - vermutlich meist (kleinere) Betriebe, die erst seit relativ kurzer Zeit und in eher geringem Umfang in die CNC-Technik eingestiegen sind.

7 Detailliertere Angaben zur Personalstruktur im Maschinenbau und anderen Branchen der Investitionsgüterindustrie auf der Basis der Betriebserhebung 1986/87 finden sich in Hirsch-Kreinsen u.a. 1990, Kapitel 2.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Organisation der Programmierung im Maschinenbau und in anderen Branchen der Investitionsgüterindustrie - Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 1.096) gewichtet -		
	Maschinenbau	andere Branchen der Investitionsgüterindustrie
Betriebe mit:		
CNC-Maschineneinsatz	61,9	37,8
davon:		
- mit Werkstattprogrammierung	71,2	71,6
- mit dominanter Werkstattprogrammierung	38,4	42,5
- mit dominanter Bedienerprogrammierung	13,1	11,3
Bild 7	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	**ISF-1990**

Schärfer läßt sich ein möglicher Zusammenhang zwischen Facharbeitereinsatz und Organisation der Programmierung fassen, wenn die Betriebe nach der Qualifikationsstruktur des gewerblichen Personals unterschieden werden; drei Betriebstypen lassen sich bilden:

- *Facharbeiterbetriebe* mit einer Facharbeiterquote von 60 % oder höher am gewerblichen Personal; im Maschinenbau dominiert dieser Betriebstyp mit einem Anteil von etwa zwei Dritteln; die Facharbeiterquote liegt in diesen Betrieben durchschnittlich bei etwa 80 %.

- *Angelerntenbetriebe* mit einem Anteil von mindestens 60 % An- und Ungelernten am Fertigungspersonal; im Maschinenbau trifft dies auf etwa ein Sechstel der Betriebe zu, wobei die durchschnittliche Facharbeiterquote bei etwa 25 % liegt.

- Schließlich Betriebe mit einer *Mischstruktur*, d.h. mit etwa gleich großen Anteilen von Facharbeitern einerseits, An- und Ungelernten andererseits.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen *Breite* des gesamtbetrieblichen Facharbeitereinsatzes und Organisation der Programmierung läßt sich auch hier nicht erkennen. Unabhängig von der Qualifikationsstruktur des Fertigungspersonals arbeiten jeweils über 70 % der Betriebe (auch) mit Werkstattprogrammierung. *Dominant* ist diese Form der Programmierung bei den Betrieben mit etwa gleich vielen Facharbeitern und An-/Ungelernten (Mischstruktur) etwas öfter als bei den anderen. Bedienerprogrammierung ist dagegen bei den beiden anderen Betriebstypen etwas häufiger die überwiegende Organisationsform. Die Unterschiede sind jedoch jeweils relativ gering (**Bild 8**).

Organisation der Programmierung in Abhängigkeit von der Qualifikationsstruktur des Fertigungspersonals
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 927[8]) gewichtet -

	Facharbeiter-Betriebe	Mischstruktur-Betriebe	Angelernten-Betriebe
Betriebe mit:			
CNC-Maschineneinsatz	53,0	52,3	36,3
davon:			
- mit Werkstattprogrammierung	72,3	72,5	70,4
- mit dominanter Werkstattprogrammierung	40,4	43,8	38,8
- mit dominanter Bedienerprogrammierung	13,3	10,0	13,2

Bild 8 Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87 **ISF-1990**

8 Bei einem Teil der Betriebe fehlen ausreichend genaue Angaben über die Qualifikationsstruktur, so daß in dieser Auswertung nur eine Teilgesamtheit berücksichtigt werden kann.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Obwohl insbesondere Bedienerprogrammierung das Vorhandensein qualifizierter Facharbeiter im Fertigungspersonal zur Voraussetzung hat, ist die Organisation der Programmierung offensichtlich stärker durch andere Faktoren als durch die *Breite* des Facharbeitereinsatzes *im gesamten Betrieb* bestimmt. Die Vermutung liegt durchaus nahe, daß in Betrieben mit relativ hohen Anteilen von An-/Ungelernten in den begrenzten, im gesamtbetrieblichen Produktionsapparat vielleicht eher marginalen Einsatzbereichen der CNC-Technik ähnliche Formen der Fertigungs- und Arbeitsorganisation vorherrschen wie in Betrieben, für die Facharbeitereinsatz insgesamt prägend ist. Auf die Bedeutung des Zeitpunkts der Einführung der NC- bzw. CNC-Technik wurde bereits oben hingewiesen. Die Zahl der eingesetzten CNC-Maschinen wie auch der Differenzierungsgrad von Betriebs- und Arbeitsorganisation - Faktoren, die u.a. auch von der Betriebsgröße abhängig sind - dürften eine wichtige Rolle spielen.

Organisation der Programmierung in Abhängigkeit von der Betriebsgröße
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 1.096) gewichtet -

	Betriebsgröße (Beschäftigtenzahl)					
	- 49	50-99	100-199	200-499	500-999	1.000 u.m.
Betriebe mit:						
CNC-Maschineneinsatz	29,9	43,7	60,0	65,2	80,9	88,6
davon:						
- mit Werkstatt-programmierung	76,7	75,0	59,1	68,0	79,4	67,7
- mit dominanter Werk-stattprogrammierung	50,7	51,9	34,4	30,7	26,5	12,9
- mit dominanter Be-dienerprogrammierung	9,3	19,4	15,0	8,0	8,8	3,0

Bild 9 | Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87 | **ISF-1990**

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Die Verbreitung von Werkstattprogrammierung überhaupt variiert deutlich mit der Betriebsgröße, wobei hier allerdings kein durchgehender Zusammenhang zu beobachten ist. Diese Organisationsform ist besonders häufig in Betrieben mit weniger als 100 und in jenen mit 500 bis unter 1.000 Beschäftigten. Ein (fast) linearer Zusammenhang zeigt sich jedoch hinsichtlich der *Dominanz* von Werkstatt- und Bedienerprogrammierung und der Betriebsgröße: Beide Organisationsformen sind um so eher die vorherrschenden, je geringer die Beschäftigtenzahl des Betriebes ist. So ist etwa in der Hälfte der Betriebe mit unter 100 Beschäftigten Werkstattprogrammierung die dominante Organisationsform, dagegen nur in ca. 13 % der Großbetriebe; dort ist Bedienerprogrammierung nur sehr selten die wichtigste Organisationsform (3 %), während dies auf fast ein Fünftel der kleineren Betriebe mit 50 bis unter 100 Beschäftigten zutrifft (**Bild 9**).[9]

Trotz der Gebundenheit von Werkstatt- und insbesondere Bedienerprogrammierung an die Qualifikation von Facharbeitern, sind es offensichtlich andere Faktoren - wie insbesondere die mit der Betriebsgröße variierende Zahl der vorhandenen CNC-Maschinen, deren Alter sowie deren betriebsorganisatorische Einbindung in den Produktionsapparat -, die stärker als die *gesamtbetriebliche* Qualifikationsstruktur des Fertigungspersonals über das Vorherrschen bestimmter Formen der Programmierung bestimmen.

8. Langfristig offene Entwicklung in Organisation und Verteilung der Programmierfunktionen

Auf diesem Hintergrund ist schließlich nach der Stabilität der Mitte/Ende der 80er Jahre vorgefundenen Organisationsformen der Programmierung zu fragen.

---

9 Diese Ergebnisse stimmen mit der Feststellung von Ewers u.a. (1990, S. 177) überein, wonach der Anteil der Werkstattprogrammierung um so höher ist,
"- je kleiner der Betrieb - gemessen an der absoluten Beschäftigtenzahl und/oder Umsatzhöhe,
- je später der Einführungszeitpunkt der Werkstattprogrammierung und
- je geringer die absolute Zahl der CNC-Anlagen ist."

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Auf der einen Seite gibt es durchaus Anhaltspunkte dafür, daß mit der zu erwartenden weiteren Ausweitung des CNC-Maschinenbestands bei entsprechender Weiterentwicklung der Steuerungstechnik günstige Voraussetzungen für eine Ausweitung von Werkstattprogrammierung gegeben sind.

Auf der anderen Seite könnte ein solcher Trend dadurch konterkariert werden, daß sich mit zunehmender Computerisierung und Vernetzung arbeitsvorbereitender, produktionsplanender und -steuernder Funktionen neue, Werkstattprogrammierung weniger fördernde Bedingungen ergeben.

Für die nächsten Jahre scheinen sich diese gegenläufigen Entwicklungslinien noch eher zu einer Trendfestigung zu saldieren. 1986/87 gingen gut die Hälfte (52 %) der erfaßten Betriebe von weitgehender Stabilität des jeweils erreichten Anteils der Werkstattprogrammierung aus, etwa ein Drittel erwarteten eine steigende, rund 15 % eine eher fallende Tendenz.[10] Die längerfristige Zukunft von Werkstattprogrammierung muß jedoch weit offener gesehen werden.

(1) Solange sich Werkstattprogrammierung zu erheblichen Teilen vor allem auf die hohe arbeitsorganisatorische Funktionalität beim Einsatz nur weniger CNC-Maschinen gründet, kann mit einer weiteren Ausbreitung dieser Organisationsform auch nur in diesen ganz speziellen Sektoren gerechnet werden. Unter gegebenen Bedingungen sind zweifelsohne bei Neueinsteigern in die CNC-Technik die Chancen für Werkstattprogrammierung ziemlich gut; wie bereits oben gesagt, gibt es jedoch nur noch relativ wenige Betriebe, die den erstmaligen Einstieg in diese Technik für einen absehbaren Zeitraum vorgesehen haben. Werkstattprogrammierung wird sich - ohne weiteres Zutun - vermutlich deshalb nur in jenen meist kleineren bis mittleren Betrieben oder auch begrenzten großbetrieblichen Einsatzbereichen ausweiten, in denen Büroprogrammierung bisher noch nicht fest installiert ist.

---

10 Auch im etwas anders zusammengesetzten Sample von Ewers u.a. gehen über die Hälfte der Betriebe (56,9 %) von der Stabilität des erreichten Umfangs der Werkstattprogrammierung aus; dagegen wird dort eine künftige Ausweitung der Werkstattprogrammierung von nur 14,6 %, eine Reduzierung dagegen von gut einem Viertel der Betriebe erwartet (Ewers u.a. 1990, S. 174).

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

(2) Sieht man jedoch von solchen Enklaven einmal ab, stößt die Ausweitung von Werkstattprogrammierung vor allem in Großbetrieben auf deutlich schwierigere Verhältnisse. Aufgrund meist schon langjährigen Einsatzes von NC- bzw. CNC-Technik existieren in der Regel etablierte Formen der Büroprogrammierung. Werkstattprogrammierung müßte sich also gegen eingespielte Traditionen funktionaler Arbeitsteilung und darauf aufbauende arbeitsorganisatorische und personalwirtschaftliche Konzepte durchsetzen.

Zudem ist nicht zu verkennen, daß in manchen großbetrieblich geprägten Branchen Fertigungen eine wichtige Rolle spielen, für die Büroprogrammierung eher angemessen erscheint. So stellt sich bei langlaufenden Serien von gleichbleibenden Werkstücken mit hoher Stückzahl, wie sie etwa für den Automobilbau und dessen Zulieferindustrien typisch sind, in der Tat die Frage, ob Werkstattprogrammierung oder gar Bedienerprogrammierung hier besonders günstige Organisationsformen darstellen. Wenn beispielsweise ein und dieselben Werkstücke je 100.000fach auf einer größeren Zahl von Maschinen über Jahre hinweg mit höchstens geringen Anpassungsänderungen gefertigt werden, ist der relative Aufwand für Programmierung nahezu vernachlässigbar, gibt zumindest nicht genug Masse für eine kontinuierliche und breite Befassung der Bedienmannschaft mit dieser Funktion.

(3) Darüber hinaus ist der Siegeszug der CNC-Maschinen, in dessen Gefolge sich die Werkstattprogrammierung ausbreiten konnte, bekanntlich nicht der einzige Erfolg auf mikroelektronischem Gebiet. Seit einiger Zeit gibt es computergestützte Programmierhilfen (z.B. interaktiv-grafische Verfahren und Simulationsmöglichkeiten), welche - bislang zumindest - vor allem maschinenferne Programmierformen unterstützen. Dies beeinträchtigt zweifelsohne die relative Attraktivität von Werkstattprogrammierung, zumal in Betrieben mit bereits existierender Büroprogrammierung. Sollte beispielsweise das computergestützte Programmieren (CAP) seine hohe Affinität zu werkstatt- und maschinenfernen Organisationsformen behalten, müßte die sich abzeichnende erhebliche CAP-Expansion (**Bild 10**) als Indiz für zukünftige Blockierung der Werkstattprogrammierung gewertet werden.

(4) Unmittelbar auf die Substanz zielen Entwicklungen, welche die Programmierfunktion als solche dem Arbeitsprozeß weitgehend entziehen

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Ersteinführung von Werkstattprogrammierung bzw. von Computereinsatz in der Arbeitsplanung/Programmierung
- Investitionsgüterindustrie der BRD (N = 1.096) -

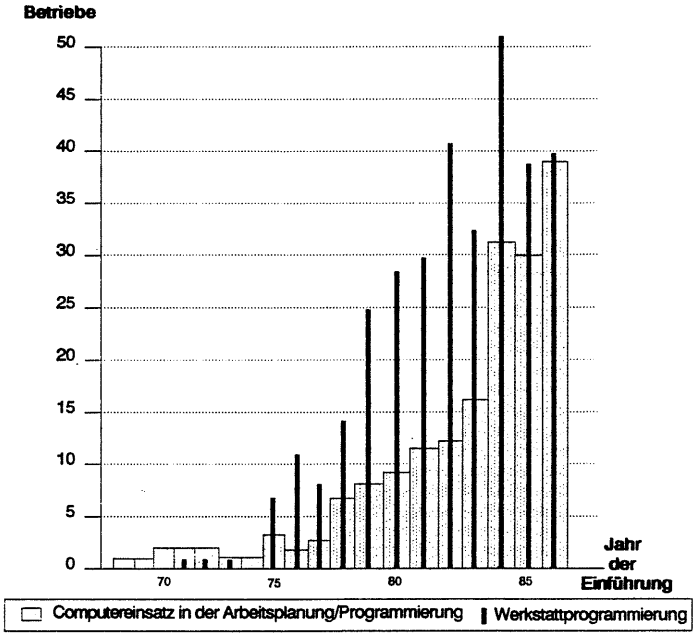


Bild 10	Betriebserhebung "Computergestützte Vernetzung" 1986/87	ISF-1989

und möglichst vollständig über Computersysteme automatisiert abwickeln wollen. Im Zuge der vertikalen Integration (d.h. der informationstechnischen Verknüpfung von CAD/CAP/CAM) ergeben sich zum Teil ähnliche Effekte der Reduzierung des Programmieraufwands (z.B. durch den Wegfall der Geometriedatendefinitionen); daneben können dadurch aber auch Verlagerungstendenzen für verbleibende Programmierfunktionen noch weiter aus der Werkstatt heraus (in Richtung Konstruktion) gestärkt werden. Eine die Werkstattprogrammierung konterkarierende Wirkung können schließlich Entwicklungen auf dem DNC-Sektor haben, wenn bei der Anbindung von Werkzeugmaschinen an externe EDV-Systeme die vor

ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Ort gegebenen Praxiskenntnisse im Umgang mit komplexen Bearbeitungen, Eigenheiten des Materials, etc. - das Substrat von relativer Autonomie des Bedienpersonals - systematisch abgezogen und verobjektiviert werden.

Diese hier nur kurz angedeuteten Entwicklungen stehen großenteils erst am Anfang und kommen vermutlich am ehesten in Betrieben zum Tragen, welche sich bislang schon durch eine längere Praxis in Büroprogrammierung auszeichnen. Es darf also spekuliert werden, daß in manchen dieser Fälle die Dynamik eher an jene neueren Entwicklungen anschließen wird, die Werkstattprogrammierung nicht (mehr) zum Zuge kommen lassen, bevor noch das gegenwärtige Klima für Werkstattprogrammierung nennenswert Früchte getragen hätte.

Wenn die programmierrelevante Computerisierung bei (häufig großbetrieblichen) Pilotanwendern eingeführt und erprobt sein wird, erschließen sich ihr möglicherweise weitere Anwenderkreise. Sukzessive wäre dann vermutlich auch die gegenwärtig nahezu unangefochtene Werkstattprogrammierung bei Einsatz nur weniger CNC-Maschinen einer ernstzunehmenden Erosionsgefahr ausgesetzt.

9. Arbeitspolitische Perspektiven

(1) Zweifelsohne ist gegenwärtig Werkstattprogrammierung in bestimmten Teilbereichen industrieller Produktion im Sinne des Qualifikationserhalts auf Arbeiterebene wirksam. Wo die Erstellung von Programmen zum normalen Aufgabenspektrum von Maschinenbedienern gehört, bleiben diesen nicht nur entsprechend qualifizierte Tätigkeiten erhalten, sondern es mindern sich dort auch die Risiken des Verlusts der daran geknüpften weiterreichenden dispositiven Funktionen sowie der Möglichkeiten zur eigenständigen Arbeitsgestaltung. In eingeschränktem Maße gilt dies selbst für jene Formen der Werkstattprogrammierung, bei denen der Bediener nur am Rande in den Programmierprozeß eingeschaltet ist, aber gegenüber Büroprogrammierung verbesserte Kommunikations- und Kooperationsbedingungen bei Fragen der Maschinensteuerung vorfindet.

(2) Ist in dieser Hinsicht die Ausweitung von Werkstattprogrammierung positiv zu bewerten, darf andererseits nicht übersehen werden, daß die Arbeitssituation bei Programmierung durch den Maschinenbediener für diesen beim derzeitigen Stand der technisch-organisatorischen Entwicklung auch erhebliche belastende Momente beinhalten kann (Böhle, Milkau 1988). Heute verbreitete Maschinen- und Steuerungskonzepte erfüllen keineswegs durchgängig die Anforderungen, die sich für einen optimalen Einsatz des Erfahrungswissens qualifizierter Facharbeiter stellen und die eine möglichst streßfreie Arbeitssituation gewährleisten. Einerseits haben sich prinzipiell gegebene Verbesserungsmöglichkeiten durch geeignete Software- und Bedienerergonomie noch nicht überall durchgesetzt. Andererseits basieren NC-Schulungen noch häufig auf Konzepten, die sich primär an der EDV-Logik bzw. der Sichtweise der Informatik orientieren (Blum 1987).

(3) Angesichts sich offensichtlich verstärkender betrieblicher Anstrengungen, den Prozeß der Computerisierung von Planungs- und Steuerungsfunktionen voranzutreiben, kann nicht davon ausgegangen werden, daß Werkstattprogrammierung quasi ein Selbstläufer darstellt, der, einmal in Gang gesetzt, unbeschadet aller Umstände fortexistiert und sich weiter ausbreitet. Damit Werkstattprogrammierung nicht nur ein mehr oder minder retardierendes Moment im (bzw. gegen den) Prozeß abbröckelnder Funktionsvoraussetzungen qualifizierter Tätigkeiten in der Produktion bleibt, muß - sowohl auf betrieblicher wie auf außerbetrieblicher Ebene - die Phase gleichsam naturwüchsiger Begünstigung von Werkstattprogrammierung genutzt werden, um sie in eine bewußte und umfassende Strategie des Erhalts von Facharbeit in der Werkstatt überzuführen.

(4) Langfristig, so muß zusammenfassend festgestellt werden, ist also weder gewährleistet, daß Werkstattprogrammierung unangefochten in recht vielen Betrieben stabilisiert oder gar ausgeweitet wird, noch daß in jedem Fall von ihr ganz selbstverständlich nur positive Impulse auf die Einsatz- und Reproduktionssituation von fachlich qualifizierten Maschinenbedienern ausgehen. Aus diesem Grund, aber auch mit Blick auf die weiten Bereiche der Fertigung, Montage und Hilfsbetriebe, die in absehbarer Zukunft ohne CNC-Maschinen auskommen werden, sollten arbeitspolitische Überlegungen die Bedeutung von Werkstattprogrammierung für die Sicherung von fachlicher und sozialer Qualifikation bei den entsprechenden Arbeitskräftegruppen nicht überbewerten.

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

(5) Werkstattprogrammierung kann in vielen Fällen sicherlich ein Baustein zur Erhaltung und Festigung von polyvalenter sowie autonomiestärkender Qualifikation und Qualifizierung des Fertigungspersonals sein; sie muß aber um andere Elemente beruflicher und sozialer Reproduktion ergänzt werden. Eingebettet in ein umfassendes System zur Sicherung von Facharbeit, würde es dann auch nicht zwangsläufig zu möglicherweise fatalen Folgen führen, wenn die eine oder andere Komponente einmal obsolet werden sollte. Auch Werkstattprogrammierung ist nicht auf alle Zeiten dagegen gefeit.

(6) Vieles spricht dafür, daß betriebliche Interessen an der Nutzung qualifizierter Facharbeit im Produktionsprozeß nicht auf das Feld der Maschinensteuerung bzw. Programmierung begrenzt sind. Generell wird die Maschinentechnik aufwendiger und komplizierter. Gerade auch beim Einsatz kapitalintensiver, komplexerer moderner Produktions- und Steuerungssysteme erweisen sich arbeitsorganisatorische Konzepte als vorteilhaft, die auf Qualifikationseinsatz vor Ort, in der unmittelbaren Produktion setzen. So lassen sich Investitions- und Einführungskosten bei technischen Innovationen reduzieren, die technische Verfügbarkeit der Systeme im Normalbetrieb erhöhen, die Flexiblität der Systemnutzung ausweiten, wenn fachlich qualifizierte, mit den jeweiligen Besonderheiten der Anlagen und der dort laufenden Prozesse vertraute Arbeitskräfte zum Einsatz kommen (v.Behr, Köhler 1988).

(7) Umfassendere arbeitspolitische Strategien zur Sicherung qualifizierter Produktionsarbeit setzen daher nicht nur auf das Element Werkstattprogrammierung, sondern beziehen neben der Maschinenbedienung und -überwachung Funktionen der Produktionsplanung und -steuerung, der Werkzeugvorbereitung, der Instandhaltung und Systempflege usw. mit ein. Solche Konzepte müssen allerdings gleichzeitig gewährleisten, über Technikauswahl, Arbeitsorganisation, Entlohnung etc. auch langfristig ausreichend attraktive Arbeitsbedingungen für entsprechend qualifiziertes Personal zu bieten. In vielen Fällen erfordert dies eine arbeitsorganisatorische Strukturinnovation, die sich etwa an Leitvorstellungen wie "qualifizierter Gruppenarbeit" orientiert und eine weitgehende Rücknahme hierarchischer, funktionaler und fachlicher Arbeitsteilung bei Betonung kooperativer und ganzheitlicher Arbeitsvollzüge bedeutet.

Johannes Dünnwald

Prozeßtransparenz und -regulation - Bislang vernachlässigte Aspekte zur Beherrschung von NC-Technologien[1]

Inhalt

1. Potentiale zur Regulierung realer Prozeßabläufe
2. Kontroll- und Einflußmöglichkeiten im Bearbeitungsprozeß
3. Schlußfolgerungen

1 Die dargestellten Ergebnisse wurden im Rahmen eines Forschungsvorhabens "Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion (CeA)" erarbeitet, das vom BMFT unter dem Kennzeichen 01 HH 348 gefördert wurde (vgl. Martin u.a. 1989).

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

1. Potentiale zur Regulierung realer Prozeßabläufe

a) Prozeßzugänglichkeit und Prozeßbeherrschung

(1) Im Aufgabenfeld des NC-Benutzers sind drei Anforderungen zu unterschieden, auf deren Unterstützung die Entwicklungen der NC-Technik hinzielen:

- o die Geometriebeherrschung,
- o die Technologiebeherrschung und
- o die Prozeßbeherrschung.

Grundsätzlich ist festzustellen, daß die NC-Entwicklung gegenwärtig dem Benutzer wohl eine große Bandbreite an Hilfen für die Geometriedatenerstellung vorab der NC-Bearbeitung zur Verfügung stellt. Hilfen für die Technologiebeherrschung begrenzen sich dagegen noch auf wenige neue NC-Leistungsmerkmale, wie beispielsweise Technologieprozessoren oder die Werkzeugverwaltung.

In der Frage der Prozeßbeherrschung sind vor einer Bewertung zunächst zwei unterschiedliche Pfade des Prozeßzuganges zu unterscheiden:

- o Die unmittelbare Prozeßverfolgung vollzieht sich durch die spezifisch praktische Sinnlichkeit, d.h. die sinnliche Wahrnehmung des Benutzers bei der Tätigkeit an der Maschine über die gleichzeitige Aktivierung von Auge, Nase, Ohr und Hand wie auch durch den Körper und über die Bewegungen des Körpers (Böhle, Milkau 1988).

- o Die mittelbare Prozeßverfolgung analysiert definierte Meßsignale von diversen Sensoren der Prozeßinstrumentierung und bewertet sie im Vergleich mit bekannten Musterverläufen. Der reale Prozeßverlauf wird damit durch die Interpretation der sensorischen Informationen indirekt nachvollzogen.

(2) In zahlreichen Fällen ist die unmittelbare Prozeßverfolgung durch den Benutzer nicht mehr möglich. So ist bei der Hochgeschwindigkeits-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

zerspanung, bei Vielschlitten- und Mehrspindel-Automaten, durch den erhöhten Kühl-Schmier-Mitteleintrag oder aufgrund der sicherheitstechnischen Anforderungen eine Verkapselung der Maschine unumgänglich.

Da jedoch der Trend zu weitgehend verkapselten Maschinen anhält, die eine unmittelbare visuelle, akustische oder taktile Wahrnehmung der stofflichen Bearbeitung am Werkstück einschränken, wird die Prozeßbeherrschung in dem Maße erschwert, wie geeignete technische Arbeitshilfen für den Benutzer als Ausgleich nicht verfügbar sind.

(3) Die mittelbare Prozeßverfolgung mit gängigen Software-Hilfen ist gegenwärtig noch defizitär. Dies sei am Beispiel der Meßinstrumentierung, der NC-Simulation und der Diagnosefunktionen im folgenden skizzenhaft aufgezeigt.

Die Meßinstrumentierung reduziert die Transformation der realen Prozeßzustände und -abläufe auf spezifische Meßsignale in verschiedener Hinsicht. Zum einen beschränkt sie die Auswahl der zu messenden Prozeßparameter auf bekannte und eindeutig definierte Signale auf dem Hintergrund existierender Interpretationsmuster bzw. Prozeßmodelle. Zum anderen schränkt der Stand der Technik auf dem Gebiet der Sensorik bzw. Mikroperipherik die Meßbarkeit theoretisch definierter Prozeßparameter erheblich ein. Letztlich erzwingt die begrenzte sensorische Zugänglichkeit zum Bearbeitungsprozeß selbst bei theoretisch fundierten Prozeßmodellen die Transformation auf indirekte Meßgrößen, wie beispielsweise die Messung des Werkzeugbruchs bzw. -verschleißes mittels Kraftaufnehmer am Werkzeugrevolver oder die Messung der Stromaufnahme von Vorschubantrieben (KfK 1988)

Die Simulationsprogramme, als Test-Grafik intendiert für die Überprüfung der Richtigkeit von NC-Programmen, geben als Parallel-Grafik wohl zeitsynchron zum Prozeßablauf die reale Zustandsfolge im Sinne simulierter, modellierter Prozeßphasen wieder. Als visueller Ersatz für die direkte Einsichtnahme in den Arbeitsraum der Werkzeugmaschine sind sie aber nur unzureichend geeignet; allein schon die 2-D-Grafik zeigt deutliche Grenzen bei der Darstellung von Spannsituationen, mehrachsigen Bearbeitungszyklen, angetriebenen

Werkzeugen oder unsymmetrischen Werkstücken in rotationssymmetrischer Bearbeitung (Kunkel 1989).

Diagnoseprogramme sind als wissensbasierte Software wohl für die Rückverfolgung von Störungen im stationären Maschinenzustand konzipiert, nicht aber für die dynamische prozeßbegleitende und -abbildende Real-time-Diagnose geeignet. Restriktionen entstehen hier im wesentlichen durch die begrenzte Meßinstrumentierung, die Prozessorleistung der CNC sowie Mängel an abgesicherten Störungsmodellen und Signaltypisierungen.

(4) Der heutige Stand der NC-Technik an numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen ist demzufolge nur unzureichend in der Lage, den realen Prozeßverlauf auf der NC-Benutzeroberfläche entsprechend dem Produktionswissen über die stoffliche Bearbeitung wie auch den Erwartungen und fachlichen Voraussetzungen bzw. den Regulationsaufgaben der NC-Benutzer abzubilden und damit aufgabenangemessen zugänglich zu machen. Vorhandenes Erfahrungswissen kann dadurch verkümmern, weil es nicht durch praktisches Handeln und differentielle sinnliche Wahrnehmung laufend aktualisiert und adaptiert wird. Umgekehrt wird es sich aber, bezogen auf die reduziert modellierten Prozeßabbilder der Simulation gründend, neu aufbauen. Eine unzureichende Prozeßzugänglichkeit wird hier allerdings Optionen in der Technologiebeherrschung unterminieren, indem die potentielle Auswahl von Technologieparametern wie Bearbeitungs-Makros, Werkzeuge oder Schnittwerte mangels Erfahrung der Benutzer nicht optimal ausgefüllt werden kann.

b) Beschreibungsobjekte des Bearbeitungsprozesses

(1) Eine Vielzahl von Störungsanalysen bei fertigungstechnischen Einrichtungen belegen das breite potentielle Einflußspektrum von Systemstörungen und die Komplexität heutiger NC-Technik (Strauß 1987; KfK 1988). Gleichzeitig wird dabei aber auch die hohe sensorische und regulatorische Kompetenz qualifizierter NC-Benutzer betont, die nicht nur in der Beseitigung einfacher und im allgemeinen häufig auftretender Störungen wie auch der rückverfolgenden Ursachen-Erkundung zum Ausdruck kommt, sondern sich ebenso im ungestörten Prozeßverlauf in der vorausschauenden Prävention möglicher Störungen beweist (Wiendahl, Springer 1986).

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

(2) Die Objekte bzw. Phänomene, auf die sich die Wahrnehmung der NC-Benutzer stützt, sind im allgemeinen, wenn auch weitgehend unspezifisch, bekannt. Dazu zählen Geräusche der Bearbeitung, die Form und Farbe des Spanes, der Geruch der Kühl-Schmier-Mitteldämpfe, mechanische Vibrationen und Resonanzen, diverse Lichtreflexe auf der Werkstückoberfläche, um nur einige Beispiele zu nennen. In situativ unterschiedlicher Bewußtheit, Gewichtung und Präzisierung sowie zeitlicher Überlagerung und Korrelation bestimmen sie das subjektive Arbeitshandeln und prägen das spezifische Erfahrungswissen des Personals in der Werkstatt.

Allerdings sind diese wahrnehmbaren Objekte meß- und informationstechnisch nur schwer zugänglich. In ihrer Bedeutung sind sie aber als Berufs-Know-how oder Erfahrungswissen anerkannt. Theoretisch sind sie wohl selektiv begründet, jedoch in ihrer Komplexität und Wechselwirkung bislang noch unzureichend thematisiert. Insbesondere fehlt es an einer systematischen Erschließung und Kategorisierung von Beschreibungsobjekten des realen Prozeßverlaufes der spanenden Bearbeitung aus der Perspektive des erfahrenen NC-Benutzers.

c) Transformationen der Prozeßinstrumentierung

(1) Die Transformation des realen Bearbeitungsprozesses auf die sensorische Prozeßinstrumentierung mit selektiven und definierten Meßsignalen muß zwangsläufig bestimmte sinnlich wahrnehmbare Erscheinungsformen ausgrenzen. Rahmenbedingungen, wie die technisch-wirtschaftliche Realisierbarkeit, die subjektiven Wertkategorien technisch geprägter Fachdisziplinen oder die technisch-methodischen Restriktionen infolge der Übertragungsfunktionen der Sensorik, der speicherprogrammierbaren Steuerung, der NC-Steuerung, der algorithmierten Prozeßmodelle und der Anzeigen, reduzieren den Informationsinhalt und die Redundanz des Meßsignals zusätzlich.

Bei näherer Betrachtung der Sensorik und der nachfolgenden Signalanalyse fällt auf, daß einerseits deterministische Prozeßabläufe oder Störfälle relativ genau und in zeitkritischen Phasen auch schnell mittels automatischer NC-Funktionen reguliert bzw. adaptiert werden können. Dies trifft beispielsweise für die Erkennung von Werkzeugbruch oder Kollision im

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung eV

Arbeitsraum mit anschließender Schnellabschaltung zu. Andererseits sind die nur begrenzt determinierbaren Prozeßzustände als Folge der Komplexität und Ungewägtheit des Bearbeitungsprozesses noch sehr vielfältig. Eine automatische Sicherung der Bearbeitung und des Werkstückes kann hier nur in ausgezeichneten Fällen oder nach längeren Lernphasen, wie beispielsweise für die Verschleißerkennung von Werkzeugen, als verläßlich bezeichnet werden. Es gilt hier zumindest der Grundsatz, daß die Eindeutigkeit der sensorgestützten Aussagen über den Prozeßverlauf um so größer ist, je näher sich der Sensorort am Prozeß befindet und je abgesicherter die statistische Vergleichsbasis ist.

(2) Generell ist zu konstatieren, daß eine technisch-wirtschaftliche, maschinenunabhängige Universallösung der Sensorik und Signalanlayse für die Sicherung der Produktion zum heutigen Zeitpunkt nicht gegeben ist. Jedoch sind für spezielle Einsatzfälle passende selektive Lösungen bekannt und auch erprobt. So sind für ein spezielles Werkzeug, Werkstück und einen bestimmten Sensor wohl Vergleichssignale (Signalverlauf oder Frequenzgang) bekannt. Jedoch zeichnen sich bei der Vielzahl von Werkzeugen, der hohen Variantenzahl von Werkstücken, Materialien und Bearbeitungsroutinen sowie den möglichen Sensortypen bei gleichzeitig hoher Innovationsrate auf diesen Gebieten in naher Zukunft keine maschinen- bzw. prozeßunabhängigen Universallösungen ab.

Erschwerend für die Signalanalyse wirken sich insbesondere die Abhängigkeit des Sensorsignals vom Sensorort gegenüber dem Werkstück bei der Komplett- bzw. Rückseitenbearbeitung, die Summenwirkung von Meßsignalen bei Mehrachsbearbeitung und simultan arbeitenden Werkzeugen oder Signalfehler infolge Metallstaub, Spänen, Reibungselektrizität oder Wärme bzw. allgemeine Drifteinflüsse aus. Letztlich erschweren selten oder erstmalig auftretende, überlagerte oder ähnlich erscheinende, aber aus anderen Ursachen herrührende Prozeßsignale die dynamische Echtzeitüberwachung im Automatikbetrieb. Denn der Vergleich mit bekannten Parametern ergibt kaum eindeutige Aussagen, und die nur kurzen Lernphasen des Überwachungssystems ergeben keine statistisch abgesicherte Vergleichsbasis. Letztlich ist damit die Definition von Toleranz- und Grenzwerten als Beitrag für die wissensbasierte Real-time-Diagnose der NC-Technik wenig abgesichert oder nur in besonderen Fällen zutreffend (KfK 1988).

d) Perspektiven der Prozeßbeherrschung

(1) Die Reduktion von Komplexität bei der sensorischen Transformation des realen Prozeßablaufes infolge der technisch-wirtschaftlichen Begrenztheit der Prozeßinstrumentierung macht determinierbare Prozeßphasen beschreibbar und einer automatischen Regelung bzw. Adaption durch das NC-System zugänglich. In Datenbanken archivierte typische Frequenzgänge unterstützen dazu als Vergleichsdaten bzw. Frequenzgang-Normale die NC-Überwachungselektronik. Damit wird in naher Zukunft ein zusätzliches, wenn auch nicht universelles Leistungsmerkmal der NC-Technik als Beitrag zur Real-time-Sicherung der spanabhebenden Bearbeitung im Sinne automatisierter Prozeßbeherrschung verfügbar sein.

Ein weitergehender Beitrag hin zur vollständigen Prozeßbeherrschung wird allerdings aus der analytischen Fortführung bisheriger technischer Lösungskonzepte allein kaum zu erwarten sein; dies begründet sich einerseits aus den dargelegten Schwierigkeiten bei der Realisierung technisch-wirtschaftlicher Universallösungen. Andererseits setzen die Netz- und Prozessorleistungen heutiger NC-Technik in Verbindung mit den Echtzeitanforderungen der Fertigung praktische Grenzen hinsichtlich der Algorithmierung detaillierter theoretischer Prozeßmodelle.

(2) Bei den gegenwärtigen fertigungstechnischen Innovationsraten, rückläufigen Losgrößen und Wiederholteilraten sowie zunehmender Variantenzahl der Teilefertigung wird deshalb voraussichtlich in der Frage der Prozeßbeherrschung das Erfahrungswissen und das situative Interpretations- und Improvisationsvermögen von qualifizierten NC-Benutzern von entscheidender Bedeutung für die Sicherung der Produktion sein. Trotz der erschwerten unmittelbaren Zugänglichkeit und sinnlichen Wahrnehmung des Bearbeitungsprozesses sind der wachsenden Bedeutung des Erfahrungswissens gegenüber jedoch technische Hilfen zur Unterstützung realer Prozeßverfolgung durch den Benutzer bislang noch wenig entwikkelt. Zum einen existiert, wie bereits erwähnt, noch keine ausreichende Kategorisierung von relevanten Beschreibungsobjekten realer Prozeßabläufe und subjektiver Sinnlichkeit. Zum anderen sind technische Beschreibungsmittel zur globalen, redundanten und demgemäß situativ interpretierbaren Prozeßabbildung wie visuelle, akustische oder taktile Sensoren und Wiedergabeeinrichtungen für diese Anwendungen nicht angemessen erschlossen. Gleichwohl erscheinen solche Anforderungen technisch reali-

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

sierbar. Beispiele aus verwandten Bereichen der medizinischen Diagnostik oder der Materialprüfung können hier zukünftig als Orientierungshilfe dienlich sein.

Mit dieser Perspektive könnten letztlich Anstöße für technische Entwicklungen der NC-Technik entstehen, die zur Verbesserung der mittelbaren Prozeßverfolgung durch den Benutzer beitragen. In Ergänzung zu bewährten Leistungsmerkmalen der automatischen Prozeßregelung kann dies den Beitrag des Erfahrungswissens zur Prozeßregulation und Sicherung der Produktion fördern.

2. Kontroll- und Einflußmöglichkeiten im Bearbeitungsprozeß

a) Transparenz realer Prozeßabläufe

(1) Die Durchschaubarkeit des Bearbeitungsprozesses und seine Regulation werden in dem Maße, wie die unmittelbare Prozeßzugänglichkeit erschwert ist, von den technischen Leistungsmerkmalen der Prozeßinstrumentierung bestimmt. Zusätzlich zur Diskrepanz sinnlicher Wahrnehmungspotentiale und den sensortechnischen Möglichkeiten, wie bereits bisher erläutert, hängt die Durchschaubarkeit realer Prozeßabläufe auch von den Leistungsmerkmalen des NC-Systems selbst, d.h. dessen Struktur und den Übertragungseigenschaften seiner Komponenten ab.

Bei der Gegenüberstellung der Informationsflüsse, die von der NC-Steuerung in die Bearbeitungsmaschine hineinführen, und denen, die vom Prozeß ausgehend hin zum Benutzer gelangen, besteht ein erhebliches Mißverhältnis. Maßgebliche Bedeutung erlangt dabei die Sensorik, die z.T. separate und spezielle Auswertelektronik sowie die speicherprogrammierbare und NC-Steuerung im Sinne eines sogenannten bottle-neck. Während in die Maschine hinein der binäre und numerische Datenfluß relativ groß ist, erweist sich die fast ausschließlich binäre Datenmenge von der Prozeß-Sensorik ausgehend als relativ begrenzt. Außerdem sind breitbandige Analog-Kanäle, die dem Benutzer ein redundantes und situativ interpretierbares Prozeßabbild ermöglichen könnten, kaum systematisch realisiert (Kief 1989).

Meldungen aus dem Prozeß bzw. der Maschine heraus sind neben den regulären Wegmaß- bzw. Positionsmessungen im wesentlichen auf definierte Fehler- oder Extremwertmeldungen, wie Kollision oder Werkzeugbruch, eingeschränkt. Dagegen umfaßt der Steuerdatenfluß eine große Bandbreite. Das betrifft die Daten für die Systemverwaltung, die Initialisierung, die Betriebsartenwahl, verschiedene Zustandsdefinitionen, detaillierte Technologie-Spezifikationen oder Steuerungssignale für die Überwachungsfunktionen und Anzeigen (KfK 1988).

(2) Ein weiteres Merkmal der Durchschaubarkeit des Bearbeitungsprozesses und der Bearbeitungsmaschine leitet sich aus den dynamischen Eigenschaften, d.h. dem Frequenzgang bzw. der Übertragungsfunktion, des Übertragungskanals ab. Die gängigen speicherprogrammierbaren und NC-Steuerungen haben ihre Stärke in den zeitunkritischen Steuerungs-, Interpolations- und Regelungsfunktionen, verwenden jedoch beispielsweise für die zeitkritische Antriebsregelung separate prozeßnahe, auch in analoger Technik ausgeführte, Regelungsbausteine. Die SPS- und NC-Module bis hin zu den NC-Anzeigen weisen in der Folge eine deutlich niedrigere Übertragungsrate auf. Somit ist im allgemeinen der Anspruch nach Realtime-Transparenz nur mit einer zusätzlichen Spezial-Überwachungselektronik zu erfüllen. Sie erfüllt damit als Speziallösung jedoch noch keinesfalls das Kriterium eines universell übertragbaren und integrierten Leistungsmerkmals der NC-Technik.

In der Konsequenz bedeutet dies, daß die Darstellung prozeßnaher Signalverläufe der Sensorik angesichts der begrenzten Bandbreite bzw. Abtastrate der Komponenten es NC-Systems einschließlich der Übertragungskanäle für den NC-Benutzer nicht in Echtzeit abrufbar ist. Einen Ausweg bieten hier Logikanalysator oder oszillographische Funktionen, die allerdings im allgemeinen dauerhaft nur dem Servicepersonal, nicht aber dem NC-Benutzer zugänglich und ohne entsprechende Ausbildung auch nicht verständlich sind.

Des weiteren zählen opto-elektronische, endoskopische Lösungen, die den spezifischen Bedingungen im Arbeitsraum der Maschine genügen würden, noch nicht zum Stand der Technik. Ähnliches gilt für akustische oder taktile Sensoren wie Mikrophon, Körperschall- oder Dehnungsaufnehmer, die einerseits wohl einen hohen Stand der Technik repräsentieren, deren

Einsatz andererseits aber in Fragen der Anwendung auf die Real-time-Überwachung bei der spanenden NC-Technik noch nicht ausreichend erkundet ist.

b) Darstellungsobjekte der NC-Bearbeitung

(1) Die bekannten technischen NC-Funktionen tragen heute zu einem gewissen Anteil sicherlich zur Erhöhung der technischen Verfügbarkeit der Produktionsmittel bei. Gleichzeitig korreliert damit aber auch eine erhöhte Arbeitsteilung in der Werkstatt, indem Aufgaben der Planung und Steuerung, der Programmierung und des Service als Folge der spezifischen technisch-organisatorischen Anforderungen neu besetzt werden. Zum einen erweist sich beim Stand heutiger Technik, daß die Unterstützungsfunktionen der NC-Technik wohl die Programmier- und Technologieaufgaben wesentlich vereinfachen und werkstattorientiert erleichtern. Zum anderen sind die zusätzlichen Überwachungs-, Diagnose- und Servicefunktionen mehr im Hinblick auf ein theoretisch fundiertes Spezialwissen ausgelegt. Sie orientieren sich weniger an den fachlichen Anforderungen und Voraussetzungen der NC-Benutzer. Sie sind im Regelfall entsprechend den genormten Definitionen und Darstellungen für technische Fachkräfte oder Spezialisten und deren spezielle Aufgaben in der Mikroperipherik, der Meß-, Steuer- und Regelungstechnik (MSR), der speicherprogrammierbaren Steuerungen (SPS), der numerischen Steuerung oder allgemein der Mikroelektronik, Pneumatik und Hydraulik an Werkzeugmaschinen gestaltet.

(2) Das NC-System als Ganzes steht damit dem Wahrnehmungs- und Kommunikationsvermögen, d.h. der Kompetenz des Werkstattpersonals eher intransparent und nur durch selektive Arbeitstätigkeiten beeinflußbar gegenüber. Die Prozeßbeherrschung durch den erfahrenen NC-Benutzer ist behindert, wobei gleichzeitig aber die Verantwortung für die Sicherung der Bearbeitung vordergründig in seiner Zuständigkeit liegt. Durch praktisches Handeln erworbenes Erfahrungswissen des Benutzers verkümmert. Es verfremdet zu einem Erklärungswissen hinsichtlich der symbolischen Anzeigen der NC-Steuerung, die nur in sehr begrenztem Umfang die Verfolgung realer Prozeßabläufe zulassen. Die vorausschauende Identifikation möglicher Irregularitäten, wie beispielsweise die Anbahnung von Störungen, das Driften in Maß-Toleranz, Veränderungen in der Spanform und

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

-farbe etc. und die präventive Regulation zur Verhinderung von Störungen, setzt jedoch voraus, daß die verschiedenen Komponenten des NC-Systems und der Prozeßverlauf dem Benutzer zugänglich und verständlich dargestellt sind.

(3) Aus der Perspektive des NC-Benutzers sind daher verschiedene Schichten der NC-Bearbeitung zu unterscheiden, die im Sinne eines Durchgriffs von der Benutzeroberfläche aus die Darstellung der Komponenten und Zustände des NC-Systems erlauben. Das sind insbesondere die Signalverläufe der sensorisch ermittelten Beschreibungsobjekte des Bearbeitungsprozesses, ihre Darstellung an den Schnittstellen von Sensorik und speicherprogrammierbarer Steuerung sowie zwischen dieser und der NC-Steuerung. Des weiteren zählen dazu die Zustandsdarstellungen der Maschinenfunktionen, der SPS und der NC-Steuerungen. Analog der Formulierung von Beschreibungsobjekten des realen Bearbeitungsprozesses wäre eine Systematisierung möglicher Darstellungsobjekte für den NC-Benutzer vorteilhaft.

(4) Jedoch wird die Bildung einer allgemeinen Kategorie von Darstellungsformen für Beschreibungsobjekte von Prozeß und NC-System für unterschiedliche Benutzer hinsichtlich ihrer Aufgaben und Vorkenntnisse durch im wesentlichen zwei technische Entwicklungen erschwert:

- Zum einen ergänzen separate Spezial-Komponenten für verschiedene Steuerungs- und Überwachungsaufgaben die vorhandenen Komponenten der NC-Technik mit Zusatzfunktionen nach herstellerindividuellen Spezifikationen. Die Integration solcher erweiterten Leistungsmerkmale in die NC-Technik kann hier der Herausbildung maschinenabhängiger zusätzlicher Speziallösungen entgegenwirken. Damit driften jedoch die Spezifikationen bei der Schnittstellendefinition. So geht der Trend schon heute in die Richtung eigenständiger Komponentenentwicklung der Sensorik, SPS, CNC und diverser BUS- bzw. Koppelsysteme. Nur als Beispiel seien hier genannt: sogenannte intelligente Sensoren mit Meßdaten-Vorverarbeitung und digitaler BUS-fähiger Schnittstelle des Sensor-Subsystems, der Herauslösung der Regelungsfunktion aus sogenannten Kompaktantrieben und ihre Integration in die SPS, die generelle Konzeption von Regelungsfunktionen als Modul der SPS-Steuerung oder die Integration spezieller CNC-Funktionen in die SPS wie auch umgekehrt (u.a. VDI 1987).

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISF MÜNCHEN Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

- Zum anderen werden die derzeit gängigen Schnittstellen den genannten Anforderungen nach erweitertem Informationsfluß für die Prozeßverfolgung, insbesondere die Anzahl und Bandbreite der Übertragungskanäle betreffend, nicht ausreichend gerecht. Abhilfe könnte hier die Verständigung auf eine Schnittstellendefinition nach einheitlichen Anforderungen schaffen. Diesbezügliche Bemühungen um eine Normung von Sensor-BUS-Systemen sind nicht abgeschlossen. Dabei stellen die Erfordernisse der realen Prozeßverfolgung und ihrer Abbildung auf der NC-Benutzeroberfläche besondere Anforderungen (Wiendahl, Springer 1986).

(5) Die Klärung in diesen technischen Sachfragen bildet letztlich die Voraussetzung für die prozeßnahe Definition und systematische Kategorisierung von Darstellungsformen realer Prozeßabläufe. Ihre differentielle Ausgestaltung wird dabei die unterschiedlichen Vorkenntnisse und Aufgaben der Benutzer bzw. Benutzerklassen oder des Servicepersonals berücksichtigen und verschiedene Prozeßzustände, wie ungestörter oder gestörter Prozeßablauf, Maschinenstillstand oder regulärer Betrieb u.a., unterscheiden.

Letztlich realisiert sich damit ein Potential differentieller Darstellungen des Bearbeitungsprozesses wie auch der Komponenten des NC-Systems, welches dem Benutzer den Durchgriff auf verschiedene Ebenen bzw. Schichten der NC-Produktion in einer ihm verständlichen und je nach Vorwissen wählbaren Darstellung ermöglicht. Es bietet die Option individueller erfahrungsgeleiteter Transparenzpfade und Suchstrategien sowohl bei der lernmotivierten Verfolgung des Bearbeitungsprozesses als auch bei der Diagnose und Fehleridentifikation in Ergänzung wissensbasierter Lösungen mit modellierten Erklärungskomponenten.

3. Schlußfolgerungen

Mit den vorab skizzierten Anforderungen und Rahmenbedingungen für ein erweitertes NC-Gestaltungsfeld stellt sich die allgemeinere Frage der werkstattorientierten Arbeit- und Technikgestaltung hinsichtlich der NC-Technik nicht mehr nur auf der horizontalen Ebene der Programmierung bzw. Geometrie- und Technologiebeherrschung. Gleichgewichtig eröffnet

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

sich die vertikale Durchschaubarkeit des NC-Systems für die umfassende Prozeßbeherrschung aus der Perspektive des Benutzers bzw. der Werkstatt. Ebenso lassen sich relevante Beschreibungsobjekte und NC-unterstützte Darstellungsformen für die Verfolgung realer Prozeßabläufe identifizieren. Davon abgeleitet läßt sich im Sinne einer dynamischen Arbeitsgestaltung der Beitrag von Systemspezialisten situativ und kompetenzgesteuert optimieren. Letztlich resultieren daraus technische Gestaltungsansätze für die maschineninternen Verfahrensabläufe, die Komponenten (Sensorik, SPS, CNC, DNC), die Schnittstellen und Kopplungssysteme einer NC-Technik, die die unmittelbare Prozeßtransparenz und direkte Prozeßregulation in werkstattorientierten und werkstatttransparenten CIM-Architekturen fördern.

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung eV

Literatur

Ammon, Roland: Gleiche Intelligenz für alle. NC-Interview. In: NC-Fertigung, Heft 6, 1988.

Behr, Marhild von; Köhler, Christoph: Alternativen der Arbeitsgestaltung. In: CIM Management, Heft 6, 1988, S. 9-15.

Blum, Udo: Technische und personelle Möglichkeiten und Grenzen der Werkstattprogrammierung. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 4, 120. Jg., 1987, S. 255-258.

Blum, Udo; Hartmann, Ernst A.: Facharbeiterorientierte CNC-Steuerungs- und Vernetzungskonzepte. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 6, 1988.

Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte: Vom Handrad zum Bildschirm - Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß, Frankfurt/München 1988.

Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte: Sinnliche Erfahrung und Gefühl. Facharbeit an Werkzeugmaschinen (Teil 1). In: Technische Rundschau, Heft 1/2, 80. Jg., 1988a, S. 8-15.

Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte: Zwischen Programmlogik und Materialgefühl. Facharbeit an Werkzeugmaschinen (Teil 2). In: Technische Rundschau, Heft 4, 80. Jg., 1988b, S. 16-23.

Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte: Anforderungen an den Einsatz von CNC-Maschinen. Facharbeit an Werkzeugmaschinen (Teil 3). In: Technische Rundschau, Heft 6, 80. Jg., 1988c, S. 14-21.

Böhle, Fritz; Milkau, Brigitte: Neue Technologien - neue Risiken. Neue Anforderungen an die Analyse von Arbeit. In: Zeitschrift für Soziologie, Heft 4, 1989.

Brödner, Peter: Werkstattorientierte Programmierverfahren - ein Werkzeug für den Facharbeiter. In: KfK, Projektträger Fertigungstechnik (Hrsg.): Werkstattorientierte Programmierverfahren (WOP), Tagungsband zur Abschlußpräsentation am 17./18.5.1988, Karlsruhe 1988.

DIN 66 025: Programmaufbau für numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen, Beuth-Verlag, Berlin 1972.

DIN 66 234, Teil 8, Februar 1988: Grundsätze ergonomischer Dialoggestaltung, Beuth-Verlag, Berlin 1988.

Dünnwald, Johannes: Technische Bedingungen für Werkstattprogrammierung - Merkmale ausgewählter Programmiererfahrungen und Steuerungen. Anlage zur Untersuchung des ISF "Facharbeit bei Werkstattprogrammierung", BMFT-Forschungsvorhaben 01 HK 969, München 1989.

Dunkhorst, Stephan: Am Werkstück programmieren. In: Technische Rundschau, Heft 16, 1989.

Dunkhorst, Stephan; Holub, Rainer; Martin, Hans; Martin, Peter: Qualifikation und Eignung - Merkmale an CNC-Steuerungen für die Werkstattprogrammierung (Drehen). In: CIM-Praxis, Februar 1987, S. 36-45.

Erbe, Heinz H.: Die Werkstatt als Mittelpunkt des Fertigungsprozesses. In: M. Hoppe; H.H. Erbe (Hrsg): Rechnergestützte Facharbeit, Werner von Siemens Schule, Wetzlar 1986.

Erbe, Heinz H. u.a.: Qualifying for Computer Based Skilled Work in SME'S, Referat IFAC-Symposium "Skill Based Automated Production", Wien, 15./17. November 1989.

Ewers, Hans-Jürgen; Becker, Carsten; Fritsch, Michael: Wirkungen des Einsatzes computergestützter Techniken in Industriebetrieben, Berlin/New York 1990.

Fähnrich, Klaus-Peter: Programmierschnittstellen an computergestützten Werkzeugmaschinen. In: K.-P. Fähnrich (Hrsg.): Softwareergonomie, München 1987.

Hänggi, Dieter: Visuelle Vorstellungsfähigkeit, Bern 1989.

Heeg, Franz Josef: Empirische Software-Ergonomie - Zur Gestaltung benutzergerechter Mensch-Computer-Dialoge, Berlin 1988.

Hekeler, Manfred: Werkstattorientierte Programmiertechnik für den Facharbeiter. In: Technische Rundschau, Heft 38, 1988.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut: Zur Geschichte der NC-Technik - verschiedene Pfade der Entwicklung. In: Technische Rundschau, Heft 6, 81. Jg., 1989, S. 14-22.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Schultz-Wild, Rainer; Köhler, Christoph; Behr, Marhild von: Einstieg in die rechnerintegrierte Produktion - Alternative Entwicklungspfade der Industriearbeit im Maschinenbau, Frankfurt/München 1990.

Hoffmann, Thomas; Holub, Rainer; Martin, Hans; Reschke Andreas: CNC-Steuerungen im Vergleich - Eigenschaften von CNC-Steuerungen zur Fräsbearbeitung. In: CIM-Praxis, August 1989.

Kern, Horst; Schumann, Michael: Das Ende der Arbeitsteilung? - Rationalisierung in der industriellen Produktion, München 1984.

KfK, Projektträger Fertigungstechnik (Hrsg.): Sicherung des spanabhebenden Bearbeitungsprozesses, Tagungsband zur Zwischenpräsentation des Verbundprojektes am 28.4.1988, Karlsruhe 1988.

KfK, Projektträger Fertigungstechnik (Hrsg.): Werkstattorientierte Programmierverfahren (WOP), Tagungsband zur Abschlußpräsentation am 17./18.5.1988, Karlsruhe 1988a.

Kief, Hans B.: Mehr Vorteile durch Werkstattprogrammierung. In: Technische Rundschau, Heft 38, 1988.

Kief, Hans B.: NC/CNC-Handbuch 1989, Michelstadt 1989.

Krogoll, Tillmann; Pohl, Wolfgang; Wanner, Claudia: Benutzerfreundliche CNC-Programmiersysteme contra Qualifizierung. In: Humane Produktion, Heft 4, 1986.

Kunkel, Wolfgang: Der Stellenwert der Simulation in der CNC-Aus- und Weiterbildung. In: TIBB, Heft 1, 1989.

Lay, Gunter; Boffo, Monika; Lemmermeier, Lothar: Die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von CNC-Drehmaschinen unter organisatorischen Gesichtspunkten, Forschungsbericht KfK-PFT 72, Karlsruhe, September 1983.

Lay, Gunter; Boffo, Monika; Fix-Stern, Jutta; Lemmermeier, Lothar: Handlungsanleitung zum Einsatz von CNC-Drehmaschinen, RKW, Eschborn, Januar 1986.

Lay, Gunter; Boffo, Monika; Fix-Sterz, Jutta; Lemmermeier, Lothar: Handlungsanleitung zum Einsatz von CNC-Drehmaschinen - Programmierung - Wirtschaftlichkeit - Organisation, RKW, Eschborn 1988.

Lennartz, Klaus Dieter: Bedingungen für erfahrungsgeleitete Arbeit in computergestützten Prozeßabläufen. In: H. Martin; H. Rose u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion, Kassel 1989.

Lutz, Burkart; Moldaschl, Manfred: Expertensysteme und industrielle Facharbeit - Ein Gutachten über denkbare qualifikatorische Auswirkungen von Expertensystemen in der fertigenden Industrie, Frankfurt/München 1989.

Martin, Hans: Arbeitswissenschaftliche Anforderungen und Kriterien der Bewertung und Gestaltung an CNC-Steuerungssystemen in der Perspektive der Unterstützung erfahrungsgeleiteten Handelns. In: H. Martin; H. Rose u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion, Kassel 1989.

Martin, Hans; Rose, Helmuth u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion (CeA) (Kurztitel) - Aufzeigen von technischen, organisatorischen und qualifikatorischen Gestaltungsfeldern zur Nutzung erfahrungsgeleiteter Arbeit bei der Entwicklung und beim Einsatz von CNC-Techniken durch einen Forschungsverbund, BMFT-HdA-Vorhaben 01 HH 348, Kassel, Juli 1989.

Martin, Hans; Rose, Helmuth u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion, Grundsatzpapier. In: H. Martin; H. Rose u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion, Kassel 1989.

Martin, Peter: Entwicklung und Anwendung von CNC-Werkzeugmaschinensteuerungen unter besonderer Berücksichtigung der Werkstattprogrammierung, DGB-Kooperationsstelle, Kassel 1984.

Nitzsche, Max; Pfennig, Volker: Einsatz von CNC-Werkzeugmaschinen. Organisation - Arbeitsteilung - Qualifikation, Eschborn/Köln 1988.

Noth, Detlev: Zuordnen des Programmier-Auftrags in der NC-orientierten Fertigung. In: Werkstatt und Betrieb, Heft 9, 1987.

Nuber, Christoph; Schultz-Wild, Rainer: Werkstattprogrammierung - Setzt sich das Konzept durch? In: Technische Rundschau, Heft 19, 81. Jg., 1989, S. 34-41.

Nullmeier, Erhard: DIN-Satz-orientierte CNC-Programmierung. In: Humane Produktion, Heft 4, 1987.

Polanyi, Michael: Implizites Wissen, Frankfurt 1985.

Raether, Christian: Grafisch-interaktives Programmiersystem für CNC-Maschinen. In: KfK, Projektträger Fertigungstechnik (Hrsg.): Werkstattorientierte Programmierverfahren (WOP), Tagungsband zur Abschlußpräsentation am 17./18.5.1988, Karlsruhe 1988.

Rempp, H.; Boffo, Monika; Lay, Gunter u.a.: Wirtschaftliche und soziale Auswirkungen des CNC-Werkzeugmaschineneinsatzes. Studie des Fraunhofer-Instituts für Systemtechnik und Innovationsforschung, hektogr. Bericht, RKW-Bestell Nr. 758, Eschborn 1981.

Riehn, Asko: Intelligente Bedienfunktionen. In: m+w, Heft 27, 1987.

Riehn, Asko: Intelligente Bedienfunktionen. In: m+w, Heft 3, 1988.

Rose, Helmuth; Golinski, Peter: Psychomentale Grundlagen erfahrungsgeleiteter Arbeit und ihre Implikationen für rechnergestützte Facharbeit und Qualifizierung. In: H. Martin; H. Rose u.a.: Computergestützte erfahrungsgeleitete Arbeit in der Produktion, Kassel 1989.

Rudolf, Heinrich; Werner, Hartmut; Jansen-Dittmer, Hinrich: Erfahrungswissen in modernen Produktionssystemen - verstummender Rest oder notwendiger Bestandteil? Workshop-Bericht, 9./10. Mai 1988, Karlsruhe 1988.

Schulte, Ansgar: Was heißt "Werkstattprogrammierung"? In: angewandte Arbeitswissenschaft, Heft 108, Mai 1986, S. 3-13.

Schultz-Wild, Rainer; Nuber Christoph; Rehberg, Frank; Schmierl, Klaus: An der Schwelle zu CIM - Verbreitung, Strategien und Auswirkungen, Eschborn/Köln 1989.

Schultz-Wild, Rainer; Weltz, Friedrich: Technischer Wandel und Industriebetrieb - Die Einführung numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen in der Bundesrepublik, Frankfurt 1973.

Simon, W.: Voraussetzungen für den wirtschaftlichen Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen in der Fertigung. In: die Technik, 21. Jg., Heft 2, 1966.

Steiner, Gerhard: Analoge Repräsentation. In: H. Mandl; H. Spada (Hrsg.): Wissenspsychologie, München 1988.

Strauß, P.: Moderne Diagnosehilfsmittel und erhöhter Bedienkomfort für NC-Werkzeugmaschinen, Karlsruhe 1987.

VDI: Mikroelektronik im Maschinenbau, VDI-Berichte 564, Düsseldorf 1987.

Velickovskij, Boris: Wissen und Handeln, Weinheim 1988.

Volkholz, Volker; Failmezger, Rolf: Analyse von Belastungs- und Beanspruchungsprozessen an CNC-Maschinen, Forschungsbericht GfAH, Dortmund 1988.

Warnecke, Günter; Mertens, Peter: Aufbau und Anwendung von wissensbasierten Technologieplanungs-Systemen. In: ZwF, Heft 11, 1988.

Weber, Wolfgang: CNC-Steuerungen für qualifizierte Facharbeit. In: Technische Rundschau, Heft 28, 1988.

Wehrle, Hans-Peter: Werkstattprogrammierung von NC-Maschinen - Organisation und Erfahrungen in einem Maschinenbauunternehmen. In: angewandte Arbeitswissenschaft, Heft 108, Mai 1986, S. 14-39.

Wiendahl, Hans-Peter; Springer, Günter: Untersuchung des Betriebsverhaltens flexibler Fertigungssysteme. In: ZwF, Heft 2, 81. Jg., 1986.

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Witt, Harald u.a.: Das Erleben der Arbeit an Arbeitsplätzen mit neuer Technik am Beispiel von CNC-Werkzeugmaschinen in der industriellen Fertigung, Untersuchungsbericht, Universität Hamburg, Psychologisches Institut I, Hamburg 1988.

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

Die Autoren

Fritz Böhle, Dr. rer. pol., Dipl.-Soz.

Helmuth Rose, Dr. rer. soc., Dipl.-Psychologe, Dipl.-Volksw.

Christoph Nuber, Dipl.-Volksw.

Rainer Schultz-Wild, Dr. rer. soc., Dipl.-Soz.

sind Mitglieder des Instituts für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. München.

Johannes Dünnwald, Dr.-Ing., Forschungsgruppe Arbeitssoziologie und Technikentwicklung, Berlin/Konstanz

Thomas Hoffmann, Dr. phil., Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Arbeitswissenschaft

Hans Martin, Prof. Dr.-Ing., Gesamthochschule Kassel, Fachgebiet Arbeitswissenschaft

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt

ISFMÜNCHEN
Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V.

DAS INSTITUT FÜR SOZIALWISSENSCHAFTLICHE FORSCHUNG E.V. - ISF MÜNCHEN -

Das ISF - ein eingetragener Verein mit anerkannter Gemeinnützigkeit - entstand in seiner jetzigen Form und Aufgabenstellung 1965 und finanziert sich ausschließlich durch projektgebundene Einnahmen. Mitglieder des Vereins und seines Vorstandes sind Personen, die mit der Arbeit des Instituts - zum Teil als langjährige Mitarbeiter - verbunden sind.

Die Arbeitsgebiete des ISF sind vor allem: Industriesoziologische Technikforschung, Qualifikations- und Arbeitsmarktforschung und Untersuchungen über betriebliche Arbeits- und Personalpolitik. Bei den Projekten handelt es sich entweder um Auftragsforschung für öffentliche Stellen, insbesondere für fachlich zuständige Bundesministerien, oder um Grundlagenforschung, insbesondere im Rahmen eines Sonderforschungsbereiches der Universität München, an dem das Institut beteiligt ist (SFB 333 - Entwicklungsperspektiven von Arbeit). Das Institut ist bestrebt, Auftragsforschung und Grundlagenforschung im wechselseitigen Interesse thematisch und personell möglichst eng zu koordinieren.

Im ISF arbeiten etwa 25 Wissenschaftler mit sozial- bzw. wirtschaftswissenschaftlicher Ausbildung, nicht selten mit einer Zusatz- oder Doppelqualifikation (Wirtschaftswissenschaften/Soziologie, Jurisprudenz/Soziologie bzw. Nationalökonomie, Ingenieurwissenschaften/Soziologie, Psychologie) und überwiegend mit langjähriger Forschungserfahrung.

Ein Überblick über die bisherigen Arbeiten und Veröffentlichungen ist über das Institut erhältlich.

Institut für Sozialwissenschaftliche Forschung e.V. - ISF-München
Jakob-Klar-Straße 9 - D 8000 München 40 - Tel. 089/27 29 21-0

Rose (1990): Proogrammieren in der Werkstatt
ISFMÜNCHEN